TEXTO DEL ESTUDIANTE

2º Educación Media

FÍSICA

Macarena Herrera Aguayo · Roberto Fernández Nova · Felipe Moncada Mijic

AÑO 2011

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE EDUCACIÓN

Santillana

EDICIÓN ESPECIAL PARA EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN
PROHIBIDA SU COMERCIALIZACIÓN

TEXTO DEL ESTUDIANTE

FÍSICA

2º Educación Media

Macarena Herrera Aguayo
Licenciada en Educación,
Profesora de Física y Matemática,
Universidad de Santiago de Chile

Roberto Fernández Nova
Licenciado en Educación,
Profesor de Física y Ciencias naturales,
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

Felipe Moncada Mijic
Licenciado en Educación
Profesor de Física y Matemática,
Universidad de Santiago de Chile

El Texto del Estudiante **Física 2° Educación Media** es una obra colectiva, creada y diseñada por el Departamento de Investigaciones Educativas de Editorial Santillana, bajo la dirección de

MANUEL JOSÉ ROJAS LEIVA

COORDINACIÓN DEL PROYECTO:
Eugenia Águila Garay

COORDINACIÓN ÁREA CIENCIAS:
Marisol Flores Prado

AUTORES:
Macarena Herrera Aguayo
Roberto Fernández Nova
Felipe Moncada Mijic

EDICIÓN:
Pablo Valdés Arriagada

AYUDANTES DE EDICIÓN:
Juan Pablo Gajardo Fuentes
Rodrigo Mora Cárdenas

REVISIÓN DE ESPECIALISTA:
Walter Bussenius Cortada

CORRECCIÓN DE ESTILO:
Isabel Spoerer Varela
Astrid Fernández Bravo

DOCUMENTACIÓN:
Paulina Novoa Venturino
María Paz Contreras Fuentes

La realización gráfica ha sido efectuada bajo la dirección de

VERÓNICA ROJAS LUNA

COORDINACIÓN GRÁFICA:
Carlota Godoy Bustos

COORDINACIÓN LICITACIÓN:
Xenia Venegas Zevallos

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:
Isabel Cruz Rencoret

ILUSTRACIONES DIGITALES:
Tomás Reyes Reyes
Raúl Urbano Cornejo
Carlos Urquiza Moreno
Estefanía Carrasco Marambio

INFOGRAFÍAS:
Cristian Cartes Arce
Marcelo Cáceres Ávila

FOTOGRAFÍAS:
Jorge Quito Soto
César Vargas Ulloa

CUBIERTA:
Xenia Venegas Zevallos

PRODUCCIÓN:
Germán Urrutia Garín

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del "Copyright", bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución en ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

© 2010, by Santillana del Pacífico S.A. de Ediciones
Dr. Aníbal Ariztía 1444, Providencia, Santiago (Chile)
PRINTED IN CHILE
Impreso en Chile por World Color Chile S.A.
ISBN: 978-956-15-1562-8
Inscripción N° 187.078
www.santillana.cl

La materialidad y fabricación de este texto está certificada por el IDIEM – Universidad de Chile.

Nebulosa *ojo de gato*, gentileza NASA.

La Física es una ciencia que busca explicar el entorno que nos rodea. Para ello se vale de la observación y de la experimentación, con el fin de establecer leyes, principios y teorías que den cuenta del mundo en el que vivimos. Es una ciencia en constante construcción, cuyo desarrollo ha sido posible gracias a varios factores, como el surgimiento del pensamiento científico, los cambios sociales y culturales que ha experimentado el mundo.

Gracias a los logros de la Física, hoy en día podemos ser testigos de los incontables avances tecnológicos. Áreas como la computación, las telecomunicaciones, la aeronáutica, la medicina, entre muchas otras, deben su importante desarrollo a esta ciencia.

Esperamos que al recorrer las páginas de este texto comprendas que fenómenos naturales, como el calor, la temperatura y el movimiento de los cuerpos, pueden ser explicadas a través deprincipios y leyes, y que la ciencia es un prisma a través del que podemos ver y entender nuestro entorno. Es importante que reconozcas el enorme vínculo que existe entre las distintas disciplinas científicas y cómo se nutren unas de otras. Es por ello que debes considerar que el conocimiento científico no surge de forma aislada, sino que es un proceso transversal al ser humano y que, de una u otra forma, todos somos parte de él.

El Texto de Física 2° se organiza en cuatro unidades. A continuación se describen las características principales de los tipos de páginas que encontrarás en este libro.

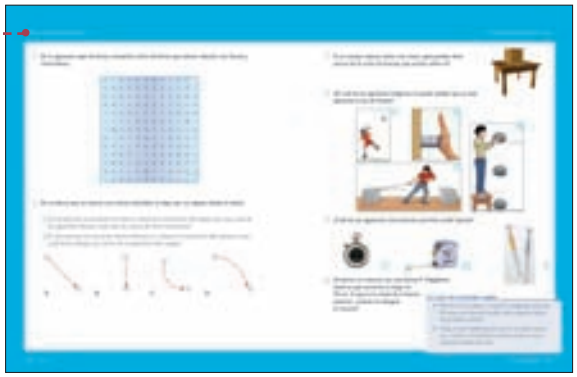
1. INICIO DE UNIDAD

Doble página inicial, en la que se presentan una serie de imágenes representativas de los temas que se tratarán en la unidad.

Aprenderás a
Listado con los aprendizajes esperados de la unidad.

Actividad inicial
Actividad que se propone a partir de una serie de preguntas de asociación con las imágenes representativas de la unidad.

Introducción
Texto que hace una breve introducción narrativa de los contenidos que se tratarán en la unidad.



2. EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

Evaluación diagnóstica
Evaluación inicial destinada a medir los conocimientos previos necesarios para abordar la unidad, incluye un recuadro denominado "Lo que me gustaría saber" destinado a plantear preguntas factibles de ser respondidas en la unidad.

3. DESARROLLO DE CONTENIDOS

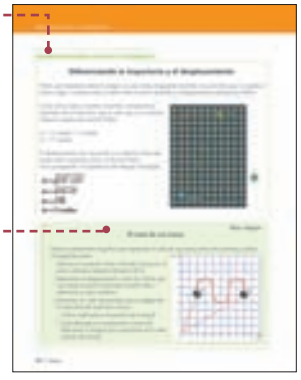
Indagación
Actividad exploratoria cuya finalidad es dar inicio a los contenidos mediante la formulación de preguntas y planteamiento de hipótesis.

Conceptos clave
Significado de conceptos o palabras citadas en el texto y cuya definición facilite la lectura comprensiva.

Ten presente que:
Actividad destinada a trabajar conceptos que puedan tener una interpretación errónea.

Ejemplo resuelto
Ejercicio tipo resuelto paso a paso. Su función es orientar el desarrollo de ciertos ejercicios similares.

Actividad
Destinada a trabajar habilidades y dar continuidad al contenido partiendo de la observación y exploración.



Conexión con
Vincula los contenidos tratados en la unidad con otras áreas del conocimiento.

Síntesis y evaluación de proceso
Página donde se integran y evalúan los contenidos tratados en un conjunto de temas.

Así aprendo mejor
Breve actividad destinada a trabajar la metacognición.

Investigación científica
Actividad en la que se trabaja de forma directa el procedimiento científico, ya sea planteando hipótesis, interpretando datos o analizando un experimento famoso.

¿Qué sucedería si...?
Actividad destinada al desarrollo de la imaginación.

Inter@ctividad
Vínculo con distintas páginas webs en las que se encuentran aplicaciones de los contenidos tratados en la unidad.

4. SÍNTESIS DE LA UNIDAD

Infografía
Resumen gráfico de los contenidos tratados en la unidad, el que incluye una definición breve de los principales conceptos.

Línea de tiempo
Gráfica lineal en la que se ubican de forma cronológica los descubrimientos y datos científicos relacionados con la unidad, vinculándolos con hechos históricos relevantes a modo de contextualizar la evolución de la ciencia.

5. PÁGINAS FINALES DE LA UNIDAD

Evaluación sumativa
Evaluación final de la unidad destinada a la verificación de los aprendizajes esperados. Incluye tres momentos: comprendo, analizo y aplico.

¿Cuánto avancé?
Pequeña actividad al inicio de la evaluación sumativa cuya finalidad es revisar nuevamente la evaluación diagnóstica.

Proyecto científico
Actividad de carácter autónomo, en la que se trabaja de forma íntegra el método científico.

UNIDAD 1 Temperatura y calor ... 8

Evaluación diagnóstica ... **10**
Desarrollando contenidos ... **12**
Indagación. ¿A qué se debe la sensación de frío y calor? ... 12
1 ¿Qué es la temperatura? ... 14
Investigación científica. ¿Es posible la observación de la agitación de las partículas debido a la temperatura? ... 15
CTS. La rana que se hace un cubo de hielo ... 25
Integrando conocimientos ... **26**
Indagación. ¿Qué relación existe entre el tipo de material y su capacidad para mantener la temperatura? ... 27
2 El calor: una manifestación de energía ... 28
CTS. ¿Cómo podemos ver si no hay luz? ... 37
Investigación científica. Experimento de Joule. ... 44
Integrando conocimientos ... **45**
Síntesis de la unidad ... **46**
Evaluación final ... **48**
Proyecto científico ... **51**

UNIDAD 2 Fuerza y movimiento ... 52

Evaluación diagnóstica ... **54**
Desarrollando contenidos ... **56**
Indagación. ¿Cuál crees que es la distancia más corta entre tu banco y el del profesor o profesora? ... 14
1 Trayectoria y desplazamiento ... 57
2 Rapidez y velocidad ... 61
Integrando conocimientos ... **63**
3 Aceleración en movimientos rectilíneos ... 66
Lectura científica: Anomalía afecta a sondas Pioneer ... 68
4 Tipos de movimiento rectilíneo ... 70
Investigación científica. Lanzamiento vertical ... 73
Síntesis y evaluación de proceso ... 75
Indagación. ¿Qué origina el o los cambios en el movimiento de los cuerpos? ... 76
5 Las fuerzas producen movimiento ... 78
Integrando conocimientos ... **85**
Indagación. ¿Cómo podemos subir por algunas superficies inclinadas sin resbalar? ... 86
Integrando conocimientos ... **91**
Síntesis de la unidad ... **92**
Evaluación final ... **94**
Proyecto científico ... **97**

UNIDAD 3 Trabajo y energía 98

Evaluación diagnóstica **100**
Desarrollando contenidos **102**
Indagación. Fuerza y cambio de movimiento 102
1 ¿De qué depende la variación en el movimiento de un cuerpo? 104
2 El impulso 105
3 Cantidad de movimiento o momentum 106
Investigación científica. Cantidad de movimiento de un sistema 107
CTS. Colisionador de partículas 111
Integrando conocimientos **112**
Indagación. Fuerza y desplazamiento 113
4 El trabajo mecánico 114
Investigación científica. Relación entre el ángulo de aplicación de una fuerza y el trabajo realizado por ella 116
Integrando conocimientos **121**
Indagación. Trabajo y energía 122
5 ¿Qué es la energía? 124
6 Conservación de la energía mecánica 130
7 Fuerzas conservativas y disipativas 133
8 Conservación de la energía y el momentum 134
Integrando conocimientos **136**
CTS. Energía del viento 137
Síntesis de la unidad **138**
Evaluación final **140**
Proyecto científico **143**

UNIDAD 4 Tierra y Universo 144

Evaluación diagnóstica **146**
Desarrollando contenidos **148**
Indagación. Posición de los astros 148
1 De la observación al modelo 149
Investigación científica. ¿Qué tipo de órbita sigue la Tierra alrededor del Sol? 152
2 Orbitas planetarias 153
3 Primera ley de Kepler 154
Integrando conocimientos 157
4 Segunda ley de Kepler 158
5 Tercera ley de Kepler 159
CTS. Encuentran exoplaneta similar a la Tierra 161
Integrando conocimientos **162**
Indagación. Fuerzas y movimiento planetario 163
6 ¿Qué hace girar a los planetas? 164
7 Efectos terrestres de la gravitación 166
CTS. ¿Cómo sería vivir sin los efectos de la fuerza de gravedad? 169
8 Satélites naturales 171
9 Fuerza de atracción gravitacional en grandes estructuras 173
Integrando conocimientos 174
10 Sistema Solar 175
Integrando conocimientos **183**
Síntesis de la unidad **184**
Evaluación final **186**
Proyecto científico **189**

Solucionario **190**
Bibliografía **207**

Unidad

1 Temperatura y calor

Los conceptos de temperatura y calor siempre están presentes en nuestra vida; por ejemplo sabes que tienes fiebre porque la temperatura supera cierto valor, y sabes cómo medirla, pero ¿qué es la temperatura?

En un día de verano, generalmente dices que tienes mucho calor, o que al realizar deportes sientes calor, pero ¿qué es el calor?

En esta unidad, aprenderás qué es cada uno de estos conceptos y de qué manera están relacionados.

Aprenderás a:

- Definir los conceptos de temperatura y calor y explicar la relación que hay entre ellos.
- Explicar el funcionamiento de los termómetros basándose en la dilatación térmica.
- Relacionar las distintas escalas termométricas a partir del conocimiento de los parámetros sobre los cuales se construyeron.
- Analizar las distintas formas de propagación del calor.
- Explicar en forma cualitativa la ley de enfriamiento de Newton.
- Identificar problemas cotidianos relacionados con la temperatura y calor, inferir sus explicaciones y realizar conclusiones sobre ellos.
- Preservar la naturaleza y cuidar el medioambiente.

Actividad inicial

Observa las fotografías y responde en tu cuaderno las siguientes preguntas:

1. Para que hierva el agua, ¿crees que es necesario entregarle energía? Explica por qué.
2. Cuando pones tus manos cerca de una chimenea encendida, sientes que tus manos se calientan. ¿Cómo explicarías esta situación?
3. En invierno, nos abrigamos sobre todo con ropa de lana para evitar sentir frío. ¿Qué crees que ocurre cuando nos abrigamos de esta manera?, ¿por qué disminuye la sensación de frío?
4. Por efecto del aumento de la temperatura, la roca se funde transformándose en magma. Si la temperatura al interior de la Tierra es tan elevada como para fundir roca, ¿por qué el suelo que pisamos no está a altas temperaturas?

1. **En la primera columna se presentan características de la materia. Únelas mediante una línea al estado de la materia que les corresponde.**

Sus partículas se encuentran muy juntas.	
Su volumen y forma dependen del recipiente que lo contiene.	
Tiene forma definida.	
Presenta la menor densidad.	
Las partículas que lo forman se encuentran muy separadas y en desorden.	
Su volumen es definido, pero la forma depende del recipiente que lo contiene.	
La fuerza entre sus partículas es muy grande formando así una estructura firme.	

2. **Completa las siguientes oraciones con las palabras que faltan con respecto a los cambios de fase:**

a. En el proceso de vaporización, la sustancia pasa de _____ a _____ .

b. Cuando un cuerpo pasa de sólido a líquido, _____ su densidad.

c. Cuando se está produciendo un cambio de fase, no hay variación de _____ .

d. Para que un cuerpo cambie de fase debe absorber o ceder _____ .

3. Observa la siguiente imagen y responde las preguntas:

a. Nombra al menos cinco manifestaciones de la energía que observes en el dibujo, identificando el tipo de energía y por qué o quién está siendo emitida.

b. ¿Ves alguna transformación de energía?, ¿cuál?

c. ¿Puedes identificar alguna onda electromagnética?, ¿cuál?

d. ¿Crees que el televisor está disipando energía?, ¿por qué?

Lo que me gustaría saber

- Realiza una lista con preguntas que tienes acerca de la temperatura y del calor, cosas que te gustaría saber y quisieras entender terminada la unidad.
- Observa a tu alrededor e identifica dónde se presentan situaciones relacionadas con la temperatura y el calor.

Indagación: Frío y calor

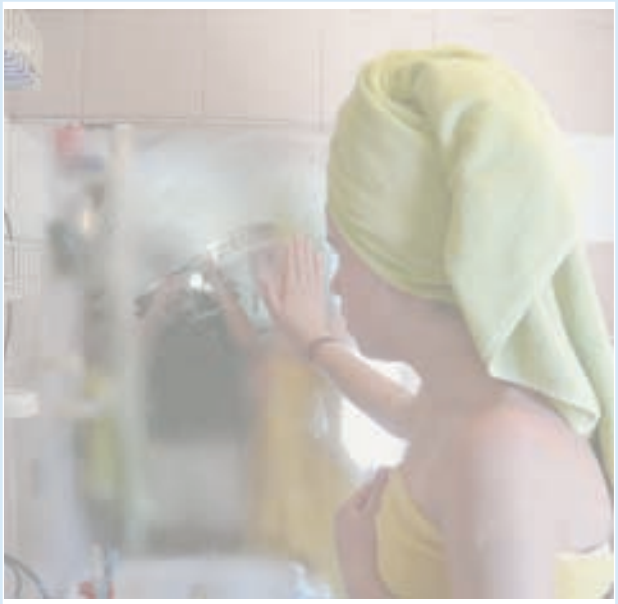
¿A qué se debe la sensación de frío y calor?

Cuando sales de una piscina, del mar o de una laguna, aunque la temperatura del agua sea menor que la temperatura ambiente, sientes la sensación de frío, la cual desaparece cuando ya estás seco. Lo mismo ocurre al salir de la ducha: al sentir frío te secas rápidamente y esta sensación disminuye.

¿A qué crees que se debe la sensación de frío al salir del agua?

Plantea una hipótesis con respecto a esta pregunta.

Para poner a prueba su hipótesis, reúnanse en grupos de cuatro o cinco alumnos y realicen los siguientes procedimientos.



Materiales:

- Termómetro de laboratorio.
- 2 vasos plásticos.
- Alcohol.
- Agua.
- Algodón o papel absorbente.

Procedimiento 1

1. Cada uno moje un pedazo de algodón en el alcohol y froten el dorso de la mano hasta que la mano quede húmeda con el alcohol. ¿Qué sientes en tu mano? Descríbelo en tu cuaderno.
2. El alcohol comienza a secarse, ¿qué sensación te produce? Anótalo también.
3. Ahora la mano está seca completamente, ¿sientes algo diferente? Responde en tu cuaderno.
4. Al secarse la mano, ¿qué crees que ocurrió con el alcohol?

Procedimiento 2

Ahora, vamos a realizar mediciones para buscar una explicación a tus observaciones.

1. Con el termómetro, mide la temperatura ambiente en la sala, luego regístrala en una tabla como la indicada más abajo.
2. Ahora, en un vaso con alcohol, mide la temperatura de este, luego regístrala en la tabla.
3. Al sacar el termómetro del alcohol, ¿qué debiera suceder con la temperatura que registra el termómetro? Anótalo en tu cuaderno.
4. Ahora saca el termómetro y observa lo que sucede, ¿es lo que esperabas? Si no es así, intenta dar una respuesta a lo ocurrido.
5. Anota la menor temperatura registrada en el termómetro

T° ambiente	T° alcohol	Menor T°

6. Repite el procedimiento anterior, introduciendo el termómetro en el alcohol. Cuando hayas medido la temperatura de este, sácalo del vaso, espera que varíe unos 4 °C e inmediatamente seca con papel absorbente el bulbo del termómetro. ¿Qué sucede con la temperatura ahora?
7. ¿Qué diferencia notas cuando el alcohol está en contacto con el bulbo del termómetro y cuando no?, ¿qué le ocurre al alcohol?, ¿qué efecto produce en el termómetro?

A partir de lo observado y de las mediciones, contesta ahora la pregunta:

a. ¿A qué crees que se debe la sensación de frío al salir de la piscina o al salir de la ducha?
b. Al salir de la ducha, ¿dónde sentirías menos frío, en una pieza cerca del baño o en el baño?
c. Comenta tu respuesta con tus compañeros de grupo; escriban una conclusión y expónganla en el curso.

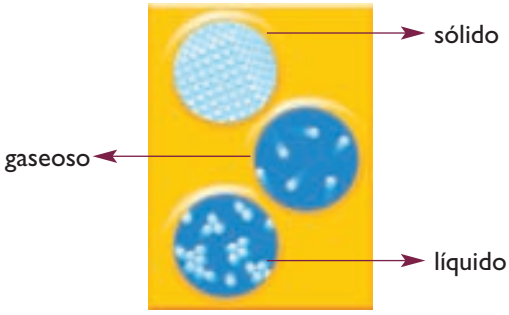
La temperatura tiene relación con los conceptos de frío y caliente. En la imagen, ¿cuál de los vasos crees que se encuentra a mayor temperatura?, ¿por qué?

1. ¿Qué es la temperatura?

En la actividad anterior, pudiste ver, a partir de los conceptos que conoces, que la medición de la temperatura depende de distintos factores. La temperatura nos indica cuán frío o caliente se encuentra un cuerpo, y por lo tanto, si un cuerpo está más frío que otro decimos que el primero se encuentra a menor temperatura. Sin embargo, los conceptos de frío y caliente muchas veces son subjetivos, ya que hay factores externos que pueden hacernos cambiar esta apreciación; por lo tanto, debemos conocer qué es realmente la temperatura como cantidad física, esto es, a qué se debe que un cuerpo se sienta más caliente que otro.

Lo que tú sientes al tocar un cuerpo es la vibración o agitación de las partículas que lo forman. A mayor temperatura, hay mayor agitación de las partículas. Por ejemplo, si frotas tus manos, sentirás que la temperatura de estas aumenta, sientes que se calientan; por lo tanto, la temperatura tiene que ver con el estado de agitación.

Toda la materia está formada por átomos, los cuales, a su vez, forman moléculas. En los distintos **estados de la materia,** vemos distintas distribuciones y distancias entre estas moléculas. Pero todas estas partículas no se encuentran en un estado de reposo, sino que se encuentran vibrando con respecto a un punto de equilibrio.



Los distintos estados de la materia se diferencian en su distancia intermolecular y en el orden de su estructura.
A mayor estado de agitación, mayor es la separación de las partículas.

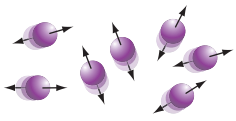
Cuando entregas energía a un cuerpo, por ejemplo, cuando lo pones al Sol, esta energía se acumula en el cuerpo en forma de energía cinética, es decir, aumenta el estado de movimiento de las partículas.

Es necesario tener claro que la temperatura es una medida de comparación entre los distintos estados de agitación de las partículas, esto es, si la temperatura de un objeto A es mayor que la temperatura de un objeto B es porque las partículas que forman el cuerpo A tienen en promedio, mayor agitación que las del cuerpo B.

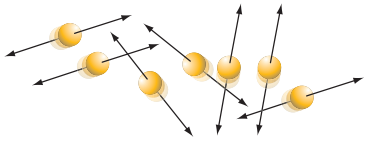
Como la temperatura depende del movimiento de las partículas, podemos entender la temperatura como un indicador de la energía cinética molecular interna media de una sustancia.

Conceptos clave

La energía cinética es la energía asociada al movimiento. Mientras mayor sea la rapidez de una partícula, mayor será su energía cinética.



Menor energía cinética



Mayor energía cinética

Investigación científica

¿Es posible la observación de la agitación de partículas debido a la temperatura?

Planteamiento del problema

Sabemos que la temperatura nos indica el estado de agitación promedio de las partículas que forman una sustancia. La temperatura puede ser percibida y medida con instrumentos, pero ¿qué efectos macroscópicos es posible evidenciar producto de la agitación de las partículas?

Hipótesis

Al aplicar una sustancia coloreada al agua, esta se difunde más rápido si el agua se encuentra a mayor temperatura.

Materiales

- Dos vasos transparentes.
- Tinta para plumón o azul de metileno.
- Agua caliente y agua fría.
- Gotario.

Procedimiento

1. Viertan agua fría en un vaso (a la menor temperatura posible).
2. En el otro, viertan agua caliente. Si el vaso es de vidrio, tengan cuidado de que no se quiebre; en el caso de que sea plástico, asegúrense de que no se deforme.
3. En cada vaso, pongan con el gotario un par de gotitas de tinta. Observen lo que sucede.
4. Esperen un minuto y vuelvan a observar. Describan en el cuaderno la diferencia que observan entre los vasos y regístrenla a través de dibujos.

Análisis

Respondan en sus cuadernos las siguientes preguntas:

a. ¿Es posible la observación directa del movimiento de las moléculas del agua? Expliquen.

b. La tinta va tiñendo el agua. La distribución de este color, ¿depende de la temperatura?, ¿por qué?

c. ¿Qué relación hay entre la difusión de la tinta en el agua y la temperatura de esta?

d. A partir de lo observado, ¿es posible inferir el movimiento de las partículas del agua? Expliquen.

e. ¿Se verificó la hipótesis planteada inicialmente? Expliquen.

1.1 ¿Cómo afecta el cambio de temperatura a una sustancia?

OBSERVAR-DESCRIBIR

Actividad 1

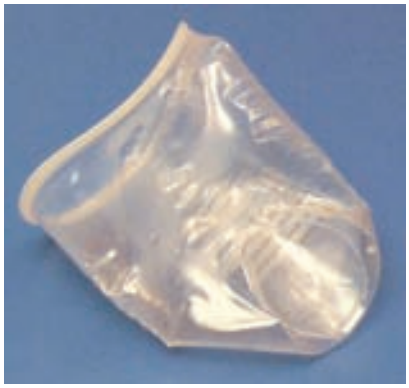
OBSERVANDO CAMBIOS EN LA MATERIA

Reúne los siguientes materiales: una latita, pinzas de madera y una vela.

1. Toma con la pinzas el trozo de lata y caliéntalo levemente en la llama de la vela.

a. ¿Qué ocurrió en la latita al ser calentada?

b. ¿Crees que al haber cambios en la temperatura de una sustancia, esta puede presentar cambios?



Un efecto visible del cambio de temperatura sobre algunos cuerpos es la deformación.

CONCEPTOS CLAVE

Resistividad eléctrica: es la oposición al paso de la corriente eléctrica de un material.

En la actividad anterior observamos que cuando cambia la estructura de la materia, de una u otra forma esto se reflejará en cambios macroscópicos. A toda variación que se produce en un cuerpo debido a un cambio de temperatura se le llama **propiedad termométrica.**

Un efecto visible es el cambio de color de algunas sustancias (como el caso de la latita). El cambio de temperatura produce un cambio en su capacidad de reflejar un determinado color, por lo tanto, cambia el color que se observa en un cuerpo.

Otro cambio lo podemos observar en la propiedad de los cuerpos llamada resistividad eléctrica: al aumentar la temperatura aumenta el desorden de las partículas, por lo tanto, la cantidad de choques será mayor, produciéndose una mayor disipación de la energía. En consecuencia, al aumentar la temperatura, gradualmente aumentará la resistividad eléctrica del material.

Muchas veces habrás notado que hay rejas metálicas que cuesta más abrirlas en verano, o si se aprieta la tapa de un frasco, al ponerlo en agua caliente esta se suelta, siendo más fácil abrirlo. La explicación de esto es que debido a un cambio de temperatura hay un cambio en el volumen del objeto. Esto es lo que veremos a continuación.

CONEXIÓN CON... TECNOLOGÍA

En la actualidad existen algunos materiales que tienen la propiedad de cambiar su color como resultado de una variación de temperatura. Estos materiales son conocidos como **termocrómicos,** y se presentan en polímeros, cerámicos y textiles. La mayoría de estos materiales tienen en su composición cristal líquido, este produce una reflexión selectiva de luz en función de los cambios de temperatura. Las aplicaciones de estos materiales son muy diversas; desde azulejos de baño, juguetes y hasta un vaso para café, que indica la temperatura del agua según su color.

1.2 Dilatación

Actividad 2

Observar-explicar

Observando el efecto de la dilatación

Realiza la siguiente actividad: necesitarás una botella de vidrio (pequeña), una moneda y hielo.

1. Moja con el hielo el gollete de la botella. Luego, pon sobre ella la moneda.
2. Pon tus manos alrededor de la botella y observa lo que sucede.

a. ¿Qué ocurrió con la moneda?

b. ¿Por qué crees que sucede esto? Trata de explicar lo observado.

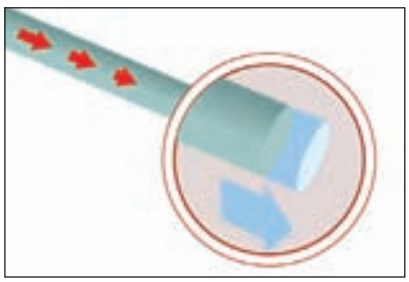
Analicemos la actividad anterior: cuando pones tus manos en torno a la botella, le estás entregando energía que se transmite al aire dentro de ella y hace que aumente su temperatura. El aporte de energía se traduce en un aumento del movimiento de las partículas del aire, haciendo que se separen: se produce la expansión del aire que empuja la moneda y hace que se mueva. Por el contrario, cuando la temperatura de un cuerpo baja, se debe a que disminuye el movimiento de las partículas, lo que implica que la separación entre ellas es menor, por lo tanto el material se contrae. Al cambio en las dimensiones de un objeto debido a la variación de su temperatura le llamaremos **dilatación térmica,** y para estudiarla, lo haremos por separado, según las dimensiones por considerar.

a. Dilatación lineal

En la dilatación lineal, consideraremos solamente una dimensión de variación. Por ejemplo, en una barra o un alambre, su diámetro es muy pequeño en comparación con su longitud. La variación de longitud en este caso dependerá de la variación de temperatura (ΔT), ya que a mayor aumento de esta, mayor será el movimiento de partículas, por lo que se producirá una mayor dilatación.

También dependerá de la longitud inicial (L_0), ya que la dilatación total es mayor, mientras mayor sea la longitud inicial de la barra.

Por último, la variación de longitud no es igual para cada material, debido a la diferencia en sus estructuras moleculares. Cada material se caracteriza por lo que se denomina "coeficiente de dilatación lineal" (α).



Al aumentar la temperatura de una barra, el movimiento de las partículas es mayor y necesitan más espacio; en consecuencia, la barra se dilata aumentando su longitud.

La ecuación que da cuenta de la variación de longitud (ΔL) es:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Actividad 3

Comparar-inferir

Coeficientes de dilatación lineal de algunos materiales

Observa con atención la siguiente tabla y responde las preguntas que se te proponen a continuación.

Tabla 1: Coeficientes de dilatación lineal de algunos materiales

Material	Coeficiente de dilatación lineal $\alpha(10^{-6}\ ^{o}C^{-1})$
Acero	11
Aluminio	24
Cobre	17
Concreto	12
Plomo	29
Vidrio corriente	9
Vidrio pírex	3,2

1. ¿Cuál de los materiales tiene mayor coeficiente de dilatación lineal?
2. ¿Cuál de los materiales tiene menor coeficiente de dilatación lineal?
3. ¿Qué crees que signifique que un material tenga un alto coeficiente de dilatación lineal?

Conexión con... la construcción

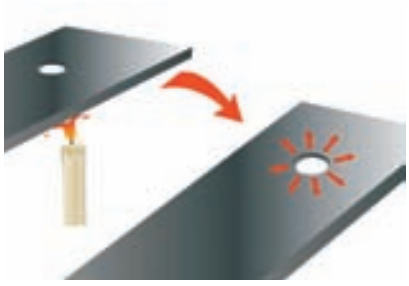
En el área de la arquitectura y por lo tanto de la construcción, el tema de la dilatación de los materiales es un factor importante a considerar, ya que la estructura de un edificio, puente, etc., experimenta estas variaciones de volumen.

Cabe notar que los valores de los coeficientes de dilatación son pequeños, por lo tanto, la variación de longitud es mucho menor que la longitud inicial de la barra. Esto significa que, en condiciones normales, no podríamos duplicar la longitud de la barra.

b. Dilatación superficial

Si ahora tenemos una lámina, debemos considerar que la variación de la longitud es en todas direcciones a lo largo de su superficie. Por lo tanto, estamos hablando de una variación de área, la cual puede estimarse como el doble de la variación lineal. La siguiente ecuación modela dicha variación:

$$\Delta A = A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T$$



Al aumentar la temperatura de una lámina con una perforación, por efecto de la dilatación superficial el tamaño de la perforación tiende a aumentar y no a disminuir como se podría pensar.

c. Dilatación volumétrica

Si ahora tenemos un volumen en el espacio, tendremos tres dimensiones de dilatación, por lo que, análogamente a lo anterior, la ecuación para esta variación de volumen está dada por:

$$\Delta V = V_0 \cdot 3\alpha \cdot \Delta T$$

En el caso de los sólidos, se utiliza el coeficiente 3α; pero en un fluido, ¿se podría hablar de una dilatación lineal? Claramente no, los fluidos presentan solo dilatación volumétrica. El coeficiente de dilatación volumétrica equivale a 3α.

EJEMPLO RESUELTO 1

Calcular la magnitud de dilatación de un cuerpo

La variación de temperatura produce un cambio en las dimensiones del cuerpo, el cual puede contraerse o expandirse según sea el cambio en la temperatura. La variación dependerá también del material y de sus dimensiones iniciales.
En cierta ciudad, se encuentra un puente de acero cuya longitud es de 2 kilómetros cuando la temperatura ambiente es 20°C. En esta ciudad, la temperatura mínima en invierno puede llegar a los -10°C, y en verano, la máxima puede ser de 30°C. Calcular la variación de longitud que experimenta el puente si el coeficiente de dilatación lineal del acero $\alpha : 11 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$.

El ejercicio debemos realizarlo en dos partes: primero, la dilatación de 20°C a 30°C y, luego, la contracción de 20°C a -10°C, ya que solo conocemos la longitud a los 20°C. La variación total será la suma de ambas variaciones.
A partir de la ecuación $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$, reemplazamos los valores:

$L_0 : 2\ km = 2000\ m$
$\alpha : 11 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$
$\Delta T : 30 - 20 = 10\ °C$

$$\Delta L = 2000 \cdot 11 \times 10^{-6} \cdot 10 = 22 \times 10^{-2}\ m$$

La longitud máxima será entonces:

$$L_0 + \Delta L = 2000 + 0{,}22 = 2000{,}22\ m$$

Para calcular ahora la contracción del puente, consideramos la misma longitud inicial, por lo que la temperatura inicial nuevamente será de 20°C, pero la final será -10°C.

$L_0 : 2000\ m$
$\alpha : 11 \times 10^{-6}\ °C^{-1}$
$\Delta T : -10 - 20 = -30\ °C$

$$\Delta L = 2000 \cdot 11 \times 10^{-6} \cdot (-30) = -66 \times 10^{-2}\ m$$

La longitud mínima será ahora:

$$L_0 + \Delta L = 2000 + (-0{,}66) = 1999{,}34\ m$$

Entre las líneas férreas existe una separación que permite que estas se dilaten por efectos de la temperatura, sin que ellas se deformen por compresión.

Por lo tanto, la variación total de la longitud del puente será:

$$\Delta L = L_{max} - L_{mín} = 2000{,}22 - 1999{,}34 = 0{,}88\ m$$

Esto indica que, debido a las temperaturas extremas, el puente experimentará un cambio de longitud de 88 cm.

1.3 La anomalía del agua

Actividad 4

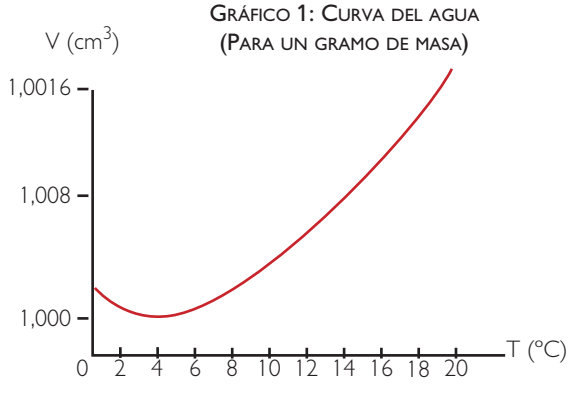
Analizar

Curva del agua

El siguiente gráfico muestra cómo varía el volumen de un gramo de agua al cambiar su temperatura. Obsérvalo con atención y responde las siguientes preguntas:

1. ¿A qué temperatura el agua alcanza su menor volumen?
2. ¿A qué temperatura crees que el agua tiene mayor densidad?
3. En el fondo de un océano muy profundo, ¿cuál crees que es la temperatura del agua que se encuentra a mayor profundidad? Explica.

Gráfico 1: Curva del agua (Para un gramo de masa)



La anomalía del agua produce que esta se congele primero a nivel superficial, ya que el agua fría, al ser menos densa, se encuentra en la superficie. El hielo al ser menos denso que el agua líquida, flota como el iceberg de la fotografía.

Normalmente, al pasar un líquido a estado sólido, aumenta su densidad. Pero el agua no tiene un comportamiento igual a las demás sustancias, como muestra el gráfico de la Actividad 4, el agua al congelarse aumenta su volumen. Esto ocurre porque al disminuir la temperatura del hielo, este se dilata, disminuyendo su densidad. Al ser el hielo menos denso que el agua, flota en ella.

Este comportamiento anómalo del agua no se produce a cualquier temperatura. Si el agua se encuentra a 100 °C y disminuye su temperatura se contraerá como los demás cuerpos; esto ocurre hasta que llega a los 4 °C. A partir de este valor, si la temperatura sigue descendiendo, el agua comenzará a dilatarse, aumentando su volumen hasta llegar a los 0 °C. Por el contrario, cuando el agua aumenta su temperatura de los 0 °C a los 4 °C se contrae, pero si la temperatura sigue aumentando tendrá un comportamiento normal.

A este fenómeno se le conoce como **anomalía del agua** y se debe a la geometría de la molécula de agua que cambia su ordenamiento al disminuir la temperatura.

Conceptos clave

Densidad(ρ): es la cantidad de masa que contiene cierto volumen; en términos matemáticos, la densidad se expresa como: $\rho = m / V$.

¿Qué sucedería si...?

Imagina que el agua se comporta igual que todas las demás sustancias, es decir, no presenta la anomalía recién vista.

¿Qué consecuencias traería? Describe al menos una situación que cambiaría radicalmente sin la existencia de la anomalía del agua.

1.4 Los termómetros

COMPARAR-INFERIR

Actividad 5

¿PUEDE MEDIRSE LA TEMPERATURA CON EL TACTO?

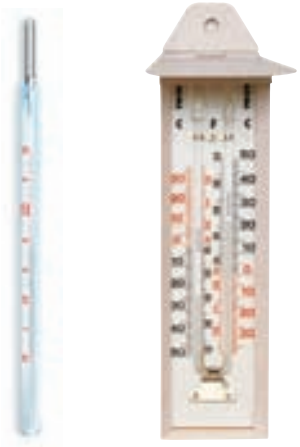
Necesitas tres vasos, agua fría, agua caliente y hielo.

1. En el primer vaso, pon agua fría, agregándole hielo para lograr la menor temperatura posible.
2. En el segundo vaso, pon agua caliente (a una temperatura que puedas tolerar).
3. En el tercer vaso, mezcla agua fría y caliente, para tener una temperatura intermedia.
4. Introduce una mano en el vaso con agua fría y la otra mano en el agua caliente. Mantenlas por unos 20 segundos. Luego, introduce simultáneamente ambas manos en el agua tibia.

a. ¿Qué ocurre con la temperatura que sientes en cada mano?

b. ¿Qué influyó en la diferencia de percepción?

c. ¿Crees que podría medirse la temperatura con el tacto?, ¿por qué?



Muchos termómetros que se utilizan contienen alcohol teñido, en lugar de mercurio, en el interior de su tubo capilar. El alcohol se expande seis veces más que el mercurio y puede ser usado para medir temperaturas mucho más bajas que el mercurio. El mercurio es un buen conductor de calor y permanece en estado líquido hasta elevadas temperaturas.

Como viste en la actividad anterior, el tacto no sirve para establecer la temperatura, ya que tenemos una percepción subjetiva de ella que se denomina **sensación térmica**. Para poder hablar de una medición de temperatura, se debe contar con un instrumento diseñado y calibrado para este fin: los termómetros.

Existen termómetros de distintos tipos, los más conocidos son los siguientes:

a. **Termómetro de vidrio:** es un tubo de vidrio sellado que contiene un líquido en su interior, comúnmente mercurio o alcohol. El mercurio (o alcohol) se expande o contrae al aumentar o disminuir su temperatura. Al estar graduado, el termómetro indica la temperatura correspondiente.

b. **Termómetro bimetálico:** está formado por dos metales con distinto coeficiente de dilatación. Al aumentar la temperatura, la tira metálica varía de longitud, curvándose, lo que permite medir la temperatura.

c. **Termómetro a gas:** también utiliza la dilatación térmica. Son termómetros que aplican el comportamiento de los gases ideales: al tener una presión o volumen constante se puede determinar la variación de temperatura. Normalmente se utilizan para calibrar otros termómetros debido a su gran precisión.

d. **Termómetro digital:** una de las propiedades que cambia con la temperatura es la resistencia eléctrica, por lo tanto, cambia la corriente que circula por el circuito. En estos termómetros, un circuito eléctrico registra estas variaciones y mediante un chip se muestra en una pantalla digital numéricamente el valor de la temperatura.

Habitualmente utilizamos termómetros graduados en la escala Celsius.

1.5 Escalas termométricas

Si bien los termómetros nos permiten registrar la temperatura, para que su valor tenga un sentido físico, se debe utilizar una escala de medida. Para nosotros, la escala más común es la escala Celsius, con lo cual se mide, por ejemplo, tu temperatura para ver si tienes fiebre o la temperatura ambiental para los informes del tiempo. Pero también existen otras escalas de medición, las que verás a continuación

a. Escala Celsius

La escala Celsius es la que comúnmente utilizamos para medir la temperatura corporal y del ambiente. Esta escala fue creada en 1742 por el físico y astrónomo sueco **Anders Celsius** (1701-1744)

Los puntos de referencia utilizados para crear esta escala fueron los puntos de fusión del hielo y de ebullición del agua. Originalmente, Celsius asoció el valor 100 al punto de fusión del hielo y el valor 0 al punto de ebullición del agua, ambos casos a 1 atm de presión. Pero, posteriormente, dichos puntos se reasignaron, así el punto de fusión (o congelación del agua, ya que ocurren a igual temperatura) corresponde al 0 y el de ebullición al valor 100.

Al ser una escala lineal, se fijan estos dos puntos, luego se realizan 100 divisiones de igual tamaño y se obtiene la escala lineal de temperatura.

b. Escala Fahrenheit

En algunos países, como Estados Unidos, utilizan preferentemente la escala Fahrenheit, creada por el físico alemán **Daniel Gabriel Fahrenheit** (1686-1736). Los puntos de referencia que utilizó dicho físico para crear esta escala son diferentes a los utilizados por Celsius. Fahrenheit, buscando una sustancia que se congelara a la temperatura más baja posible, utiliza una solución de agua con cloruro de amonio, asignando el 0 al punto de congelación de dicha solución. Como segundo punto asignó el valor 96 a la temperatura del cuerpo humano. Posteriormente, este valor se cambió para relacionar la escala Celsius y Fahrenheit mediante números enteros. Así, finalmente, la temperatura de congelación del agua (0 °C) es de 32 °F y la temperatura de ebullición del agua (100 °C) es de 212 °F.

INTER@CTIVIDAD

En la página http://www.educaplus.org/play-116-Escalas-termom%C3%A9tricas.html encontrarás una animación interactiva que muestra la relación entre las distintas escalas termométricas.

c. Escala Kelvin

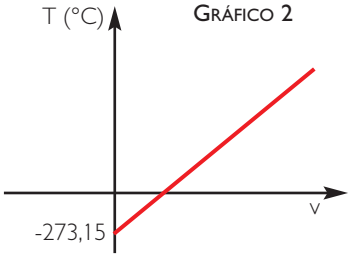
La escala más utilizada en nuestro país es la escala Celsius, en otros países se utiliza la escala Fahrenheit, pero en el mundo de la ciencia debemos trabajar todos con las mismas unidades, en todo ámbito; por lo tanto, en la medición de la temperatura también se debió buscar una escala de unificación. La escala termométrica que utiliza el Sistema Internacional de Unidades es la escala Kelvin. Esta escala fue creada por el físico y matemático británico **lord Kelvin** en 1848.

El criterio utilizado para crear esta escala es la definición de temperatura, por lo que el cero se asocia a la inexistencia de movimiento de partículas.

A la temperatura de 0 K se le llama **"cero absoluto"** y corresponde a un límite teórico. A esta temperatura el nivel de energía del sistema sería el más bajo posible, por lo que las partículas, según la mecánica clásica, carecerían de movimiento.

Kelvin se basó en el trabajo de los franceses Jacques Charles, matemático e inventor y del físico y químico Louis Joseph Gay-Lussac. Estos determinaron que el volumen de un gas a presión constante varía en proporción a los cambios de la temperatura; es decir, por cada grado que disminuye la temperatura del gas, su volumen disminuye en un determinado porcentaje. Utilizando dicha información Kelvin calculó que, si seguimos enfriando un gas, al llegar a una temperatura de -273,15 grados Celsius el volumen sería cero. Por lo tanto 0 K = -273 ° C.

Gráfico de Temperatura en grados celsius en función del volumen a presión constante.



Al crear esta escala, Kelvin fijó un solo punto, que es el cero y el tamaño de una división lo toma de la escala celsius; entonces, cuando la temperatura del ambiente aumenta en un grado celsius, aumentará también en un kelvin. La relación entre ambas escalas está dada aproximadamente por:

$$T(K) = T(°C) + 273$$

Si la temperatura ambiente es de 20 °C, ¿cuál será la temperatura ambiente en la escala kelvin? Solo debes sumar 273 a la temperatura en grados celsius, obteniendo así que 20 °C = 293 K.

¿QUÉ SUCEDERÍA SI...?

La temperatura denominada cero absoluto corresponde al reposo de todas las partículas. ¿Qué ocurriría con la materia en esta temperatura?, ¿qué sucedería con la estructura atómica?

Responde en tu cuaderno estas preguntas y, luego, comenta con tus compañeros y compañeras.

En la conservación en nitrógeno líquido, las temperaturas a las que se preservan elementos biológicos son cercanas a -220 °C.

Comparar-explicar

Actividad 6

Construyendo un termómetro

Materiales

- Una bombilla plástica rígida (no las que se doblan en un extremo).
- Una jeringa sin aguja.
- Tinta (puede ser agua).
- Pinzas.
- Marcador permanente, de punta fina.
- Un vaso con agua caliente.
- Cubos de hielo.
- Un termómetro de laboratorio. (Si no se cuenta con ello, igualmente se puede realizar la experiencia, pero la importancia de este termómetro es la posibilidad de graduar el termómetro que estamos construyendo).

1. Sellen un extremo de la bombilla, calentándolo hasta que esté blando. Luego se debe apretar con las pinzas. Para comprobar que quede completamente sellado, al soplar por la bombilla no debe salir aire por este extremo.
2. Luego, con la jeringa, introduzcan una gota de tinta (o agua) dentro de la bombilla.
3. Con el marcador, hagan una marca por debajo de la gota. Esta será la temperatura ambiente. Si cuentan con el termómetro de laboratorio, podrán anotar el valor.
4. Ahora, introduzcan la bombilla (y el termómetro de laboratorio) en agua caliente, cuidando que no se derrita la bombilla. Dejen unos minutos y nuevamente marquen por debajo de la gota la posición. Registren el valor de la temperatura correspondiente.
5. Por último, introduzcan hielos en el agua, dejen los termómetros unos minutos, hasta que ya no exista variación en la temperatura y registren nuevamente esta temperatura en la bombilla.
6. Como la temperatura es lineal, marcando intervalos de igual tamaño en la bombilla tendrán la graduación del termómetro.

Respondan las siguientes preguntas en el cuaderno:

a. Expliquen el funcionamiento del termómetro que acaban de construir. ¿Por qué la gotita sube y baja al cambiar la temperatura?

b. ¿Cuál es la sustancia termométrica que se utilizó en el termómetro que fabricaron?

c. ¿Podrían construir su termómetro en escala Kelvin?, ¿cómo?

Ciencia-Tecnología-Sociedad

La rana que se hace un cubo de hielo en invierno

La hibernación es la disminución de la temperatura en ciertos animales. Pero hay un animal que logra algo mucho mayor, se congela completamente.

La medicina moderna es incapaz de congelar seres humanos o detener nuestro corazón indefinidamente, sin causar daños irreversibles a los órganos vitales. Sin embargo, la naturaleza inventó la receta hace tiempo.

El problema central consiste en evitar a las células el daño causado por la ausencia de oxígeno debido a la falta de circulación de la sangre dentro del cuerpo. Para esto hay que detener o retardar drásticamente las funciones celulares. ¿Pero cómo? Algunos animales dan respuestas ingeniosas a este dilema; por ejemplo, la rana de los bosques o rana sylvatica que habita principalmente en Alaska y Canadá. Cada vez que llega el invierno, la rana se congela del todo. El hielo penetra por todos los compartimentos del animal donde hay fluidos y en unas pocas horas una masa helada llena la cavidad estomacal y el resto de los órganos internos. Enormes cristales planos se colocan entre el músculo y las capas de piel, y los ojos se vuelven blancos porque el relleno ocular se congela. Su sangre deja de fluir y el 65% del agua de su cuerpo se convierte en hielo. La respiración, los latidos del corazón y los movimientos musculares se detienen del todo, y el batracio existe en un estado de animación suspendida hasta que se descongela.

¿Cómo ocurre esto? El agua migra de la sangre, corazón, pulmones, hígado y otros órganos centrales hacia afuera y forma un pozo justo debajo de la piel, donde el hielo no causa daños. En segundo lugar, acumula azúcares y alcoholes en su sangre comiendo almidones desenfrenadamente, de modo que al bajar la temperatura se forma dentro de las células un líquido espeso y pegajoso que no se puede congelar. Además, estas ranas tienen otros mecanismos protectores: los niveles de coagulantes sanguíneos suben drásticamente durante la descongelación para corregir cualquier desaguisado causado por el hielo.

Los científicos esperan aprender de esta especie muchas claves para mejorar la medicina humana, incluyendo técnicas de conservación de órganos destinados a trasplantes.

(Adaptación revista *Muy Interesante,* abril 2006).

A partir de la lectura anterior y de lo que aprendiste en esta unidad, responde:

a. ¿Por qué al disminuir la rana su temperatura hasta congelarse, no gasta energía?

b. ¿Qué utilidad podría tener para el hombre poder congelar los órganos?

c. Averigua qué ocurre en los otros animales cuando la temperatura ambiental disminuye.

SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:

Temperatura: indica el grado de agitación de _____ que forman una sustancia. Mientras mayor sea el movimiento de partículas, _____ será su temperatura.

efectos de la temperatura

Dilatación: las dimensiones del cuerpo cambian con la temperatura. La dilatación depende de: _____, _____ y de _____ .

Resistividad eléctrica: al aumentar la temperatura, generalmente _____ la resistividad ya que aumenta la _____ de partículas.

Otro efecto es _____

la dilatación se observa en

Anomalía del agua: se produce entre los ____ °C y ____ °C

Termómetros: los termómetros que funcionan por dilatación son _____ , _____ y _____ .

una aplicación del cambio de resistividad es

Termómetros que funcionan por variación de resistividad. Estos son _____ .

EVALUACIÓN DE PROCESO

1. Una barra de acero, en un puente de un camino de alta montaña, tiene una longitud de 50 m cuando se encuentra a 30 °C. ¿Qué longitud tendrá cuando su temperatura descienda a los -25 °C?
2. Una barra de cierto metal tiene una longitud de 10 m a 0 °C. ¿Cuál debe ser su coeficiente de dilatación lineal para que alcance una longitud de 10,02 m a los 20 °C?

ASÍ APRENDO MEJOR

Responde en tu cuaderno.

a. ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?

b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?

Indagación: Material y temperatura

¿Qué relación existe entre el tipo de material y su capacidad para mantener la temperatura?

En invierno, cuando baja la temperatura, nos abrigamos utilizando más ropa, principalmente prendas de algodón, lana y pólar. Reúnanse en grupos de cuatro o cinco estudiantes y planteen una hipótesis respecto de la pregunta planteada.

Materiales:

- Cuatro frascos de vidrio con tapa (iguales).
- Termómetro de laboratorio.
- Agua caliente.
- Prenda de lana (puede ser una bufanda que cubra por completo el frasco).
- Prenda de algodón y pólar (también deben cubrir por completo los frascos).

Procedimiento

1. Coloquen el agua caliente en igual cantidad en los cuatro frascos y midan la temperatura del agua. Luego, tapen los frascos.
2. Envuelvan uno de los frascos con lana, otro con algodón y otro con pólar, dejando uno sin envolver.
3. Coloquen los cuatro frascos en el mismo lugar, de preferencia a la sombra, y esperen unos 30 minutos.
4. Vuelvan a medir la temperatura de cada frasco, registrando estos valores.

	T° inicial	T° final	Diferencia de T°
Frasco envuelto en lana.			
Frasco envuelto en algodón.			
Frasco envuelto en pólar.			
Frasco de control.			

copia en tu cuaderno

Respondan las siguientes preguntas:

a. ¿Por qué creen que los cuerpos se enfrían?

b. ¿Qué ocurrió con la temperatura del agua en los distintos frascos?

c. ¿A qué atribuyen esta diferencia? ¿Con ropa de qué material sería más apropiado abrigarse en un frío día de invierno?

d. A partir de lo que han observado, ¿por qué creen que el pólar y la lana disminuyen la sensación de frío?

e. ¿Verificaron la hipótesis planteada al empezar?

Géiser del Tatio
En un géiser se produce la emanación repentina y abrupta de agua por efectos térmicos. En su interior, la temperatura elevada del magma se transfiere a las napas subterráneas de agua, las que, a su vez, transfieren dicha temperatura al medio cuando emergen.

2. El calor: una manifestación de la energía

En la actividad anterior vimos que la temperatura del agua era mayor que la temperatura ambiente, y que en todos los casos tendía a bajar después de un tiempo, aunque esta disminución fue menor en algunos casos, dependiendo del material que rodeara al frasco. ¿Qué ocurre cuando tomas un objeto que está más frío que tu mano? Sientes que tu mano se enfría, pero también puedes notar que el objeto se calienta, es decir, hay una variación de temperatura de ambos cuerpos.

¿Qué produce esta variación de temperatura? Pon tu mano sobre esta hoja del libro por unos 10 segundos, ¿sientes alguna diferencia? Si no hay diferencia es porque tu mano y la hoja se encuentran a la misma temperatura: la condición para que exista un cambio de temperatura es que los cuerpos que se encuentran en contacto estén a **temperaturas diferentes.**

Volviendo a la actividad anterior, para que el agua se enfríe debe existir una interacción entre el agua y el medio que la rodea. Lo que ocurre es una **transferencia de energía** a la que llamamos **calor** y representamos con la letra Q.

¿De dónde y hacia dónde se propaga esta energía llamada calor?, ¿del agua al medio?, ¿o del medio al agua? El calor siempre se propaga del cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura; el que se encuentra a una temperatura mayor emite energía, y el de menor temperatura recibe dicha energía.

¿Un cuerpo puede "tener" calor? El calor es energía que se propaga, no energía que se tiene, por eso se define como energía en tránsito.

Cuerpo B	Q	Cuerpo A
$T_B = 80$ °C	→	$T_A = 10$°C
Sus partículas tienen mayor grado de agitación que el cuerpo A.		Presenta un menor estado de agitación de sus partículas.

La transferencia neta de calor está dirigida desde el cuerpo B al cuerpo A, independientemente de cuál de ellos tenga más masa o de qué material estén formados.
La condición necesaria para esta transferencia de energía es la diferencia de temperatura.

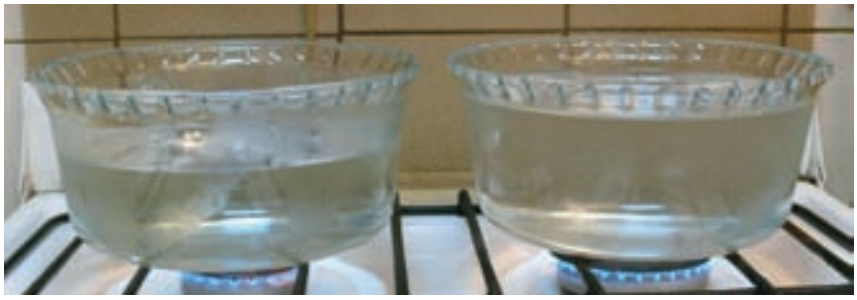
Recuerda que el calor es energía, por lo tanto, su unidad de medida es el joule [J]. Otra unidad utilizada para medir calor, aunque no pertenece al Sistema Internacional es la caloría, donde:

1 cal = 4,18 J

2.1 ¿Qué relación existe entre temperatura y calor?

Los conceptos de temperatura y calor están relacionados, aunque son cosas muy diferentes. La energía tiene distintas manifestaciones, una de ellas es el movimiento. Para que un cuerpo aumente su estado de movimiento, debe interactuar con otro cuerpo y de esta forma recibir energía. Por lo tanto, si el calor es energía, ¿qué sucederá con las partículas que forman una sustancia al recibir calor? Aumentarán su movimiento vibratorio, y por lo tanto, aumentará su temperatura. Por el contrario, si disminuye el estado de agitación de las partículas, estas perderán energía, lo que se traduce en una emisión de calor.

¿De qué dependerá el calor entregado a una sustancia o el calor cedido por ella?



1. ¿En cuál de los dos casos es necesario entregar más calor para hervir el agua?
2. ¿La cantidad de calor dependerá de la temperatura que se quiere lograr?

El calor entregado o cedido (Q) depende de varios factores:

a. En primer lugar, hay una dependencia respecto del **cambio de temperatura** (ΔT) que se quiere lograr. Si pones la tetera con agua en la cocina y solo quieres entibiarla debes entregar una cantidad de calor, pero si quieres hervir el agua, la cantidad de calor debe ser mayor.

b. También dependerá de la **masa** (m). Tomando el mismo ejemplo anterior, si pones la tetera con agua hasta la mitad, requiere una cantidad de calor, pero si la tetera está llena, la cantidad de calor entregada debe aumentar.

c. Por último, existe una dependencia del **material.** Por ejemplo, no es lo mismo calentar agua que aceite, ya que necesitan diferente cantidad de calor para alcanzar una misma temperatura. Cada material se caracteriza por una constante asociada llamada **calor específico** (c). Mientras mayor sea el calor específico de una sustancia, mayor cantidad de calor será necesario entregarle a la sustancia para elevar su temperatura, mientras que dicho cuerpo deberá ceder una mayor cantidad de calor para bajar su temperatura.

Finalmente, podemos relacionar todas las variables mencionadas de la siguiente forma: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, donde Q es medido en joule, m en kilógramo, c en $J / kg\ ^{o}C$ y ΔT en grados celsius.

CONEXIÓN CON… BIOLOGÍA

Los seres vivos estamos formados mayoritariamente por agua. Por ejemplo, nuestro cuerpo contiene aproximadamente un 70% de agua. Como el agua tiene un alto calor específico, esto impide las rápidas variaciones de temperatura, es decir, el calor específico alto del agua produce que demore mucho tiempo en aumentar la temperatura y mucho en disminuir. Esta propiedad del agua permite mantener una temperatura más o menos constante en nuestro cuerpo.

2.2 Equilibrio térmico

Actividad 7

Observar-inferir

Transferencia de calor

1. Pon en un vaso plástico agua caliente (no recién hervida para que no se derrita el plástico) y toca con tu mano el vaso.
2. Espera unos 3 minutos y vuelve a tocar el vaso. ¿Qué diferencia hay? Repite esto al cabo de 3 minutos más.
   a. ¿Qué diferencia notas a medida que va pasando el tiempo?
   b. ¿Por qué ocurre esto?
   c. ¿Qué crees que sucederá luego de una hora?

En la actividad anterior, pudimos comprobar que mientras mayor sea el tiempo que pase, menor será la temperatura del agua. Esto ocurre porque las partículas del agua ceden parte de su energía a las partículas del ambiente que entran en contacto con ella y con el envase. ¿Pero, podría llegar el agua a una temperatura menor que la temperatura del ambiente? Sería como pensar que al echar hielo en una bebida podemos dejar la bebida más fría que el hielo, esto claramente no es posible. Entonces, ¿hasta cuándo disminuirá la temperatura de un cuerpo? Si el calor es transferencia de energía entre cuerpos a diferente temperatura, entonces esta transferencia de calor terminará cuando los cuerpos **igualen sus temperaturas.** Si ya no hay transferencia de calor, no hay cambio de temperatura.

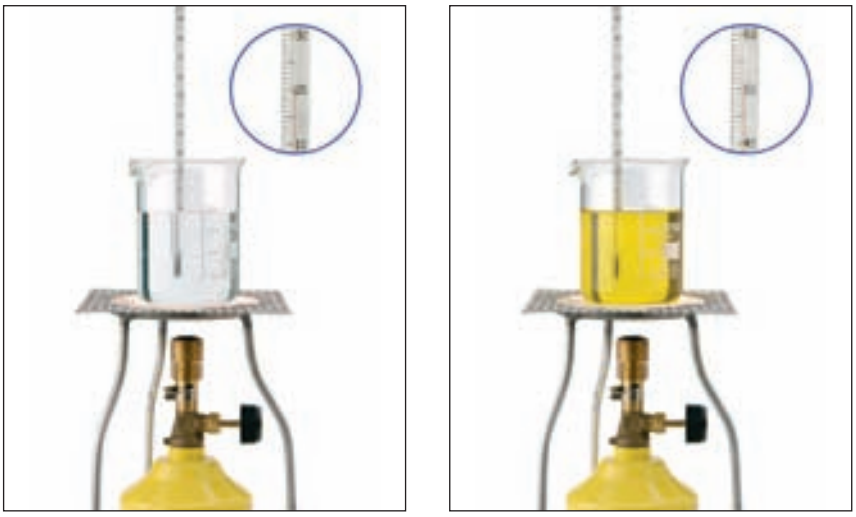
Cuando dos cuerpos se encuentran a igual temperatura, decimos que están en **equilibrio térmico**, pero la temperatura de equilibrio no corresponde necesariamente a la temperatura promedio, esto dependerá de distintos factores.

Si dos cuerpos a distinta temperatura se encuentran aislados, es decir, que la transferencia de energía es solo entre estos dos cuerpos, toda la energía que cede un cuerpo es energía que absorbe el otro.

La variación de temperatura de cada cuerpo dependerá de su **capacidad calórica.** Se define capacidad calórica como la cantidad de calor que necesita un cuerpo para variar su temperatura en un grado Celsius. Esto se representa matemáticamente de la siguiente manera:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \left[\frac{J}{^{o}C}\right]$$

Considerando lo anterior, si tenemos dos cuerpos con distinta capacidad calórica y a ambos entregamos la misma cantidad de calor, el de mayor capacidad calórica experimentará una menor variación de temperatura, ya que necesita más calor que el otro para producir el mismo aumento de temperatura.



Si las dos sustancias han estado expuestas durante igual tiempo al calor, ¿cuál de ellas tiene mayor capacidad calórica?, ¿por qué?

Ten presente que:

- Si las variaciones de temperatura son diferentes para cada cuerpo no quiere decir que hay pérdida de calor, sino que las características de los cuerpos son distintas, por lo tanto, reaccionan de manera diferente ante una misma cantidad de calor.

¿De qué depende que un cuerpo tenga menor o mayor capacidad calórica?

Si viertes un vaso con agua caliente en una piscina, la temperatura del agua de la piscina prácticamente no variará, esto se debe a la **gran diferencia de masas.** A mayor masa, mayor es la cantidad de calor necesaria para variar la temperatura. ¿Por qué crees que la variación de temperatura depende de la masa? Escribe en tu cuaderno la explicación que consideres correcta y compartan sus respuestas en el curso. Anota las respuestas que te parezcan interesantes.

La capacidad calórica también dependerá del **material**, esto es, de su calor específico. Anteriormente, vimos que a mayor calor específico, mayor es la cantidad de calor necesaria para variar la temperatura del cuerpo.

Por lo tanto, la capacidad calórica dependerá directamente de la masa (m) y del calor específico (c) de acuerdo a la siguiente relación:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = c \cdot m \left[\frac{J}{^{\circ}C}\right]$$

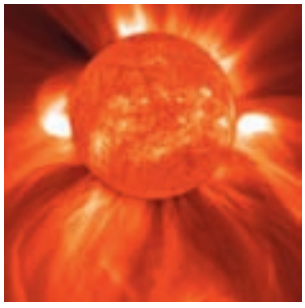
Resumiendo, si ponemos dos cuerpos en contacto térmico en un medio aislado, existirá una transferencia de energía entre ellos, que estará presente hasta que las temperaturas de los cuerpos se igualen, alcanzando el equilibrio térmico. La temperatura de dicho equilibrio dependerá de la capacidad calórica de cada cuerpo, siendo el cuerpo de mayor capacidad calórica el que experimente una menor variación de temperatura. Si los cuerpos son de igual masa, entonces la variación dependerá del calor específico. Si los cuerpos están formados por la misma sustancia, entonces el cambio de temperatura dependerá de sus masas.

En ambos casos es agua, pero ¿tienen la misma capacidad calórica?, ¿necesitan la misma cantidad de calor para variar en igual cantidad su temperatura?
A mayor masa hay un mayor número de partículas que forman la sustancia, por lo tanto, se necesita más energía para producir una mayor cantidad de vibraciones. En consecuencia, a mayor masa, mayor es la capacidad calórica.

Conexión con… Astronomía

El Sol es el astro más cercano a la Tierra y la energía que propaga posibilita la mayor parte de los fenómenos naturales que se dan en la Tierra, entre ellos la vida. Al interior del Sol se produce la fusión nuclear de los átomos de hidrógeno. Esta fusión genera enormes cantidades de energía, que para salir desde el interior hasta la superficie tarda cerca de un millón de años.

Como los cuerpos no tienen calor, sino energía interna, es la transferencia de dicha energía lo que podemos asociar al concepto de calor proveniente del Sol.



Observatorio solar Soho / NASA

2.3 Propagación del calor

DEDUCIR-INFERIR

Actividad 8

¿DE QUÉ FORMA SE TRANSMITE EL CALOR DE UN CUERPO A OTRO?

El calor se define como energía en tránsito que se propaga de un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor temperatura.

Para estudiar cómo se transmite el calor de un cuerpo a otro necesitarán: una lámina de cobre de 20 x 5 cm, una vela, dos pinzas de madera, chinches o clips (unos cinco).

1. Viertan esperma de vela sobre la lámina de cobre formando una línea recta que atraviese la lámina.
2. Antes de que esta se enfríe, peguen en esta línea los chinches o clips (de manera que queden parados).
3. Luego, sostengan la lámina con las pinzas y pongan un extremo de la lámina sobre la llama de la vela. Esperen unos minutos. Observa lo que sucede y responde:

a. ¿Por qué se caen los chinches o clips?

b. ¿Qué sucede con la temperatura de la lámina de cobre?

c. ¿Por qué crees que ocurre esto?

d. ¿Crees que influye que la lámina sea de cobre o dará lo mismo el material?

a. Conducción

En la actividad anterior pudiste ver que solo un extremo de la lámina está en contacto con la fuente de calor, pero el aumento de temperatura se produjo en todo el material, ya que el extremo de la lámina más lejano a la vela igualmente aumentó su temperatura. ¿Qué ocurre en el material que permite este aumento de temperatura? La sección de material que está en contacto directo con la fuente de calor aumenta su temperatura, ya que las partículas, al recibir esta energía, aumentarán su estado de agitación. Estas partículas, que ahora tienen un mayor estado de movimiento, tienen un mayor nivel energético, produciendo choques con las partículas contiguas. Estas partículas también aumentan su movimiento y, a su vez, chocan con las partículas que se encuentren a continuación. De esta forma aumentará la temperatura en todo el material, produciendo lo que conocemos como **propagación del calor por conducción.**

La propagación de calor por conducción depende del material, específicamente, de su estructura molecular.

INTER@CTIVIDAD

En la siguiente dirección encontrarás los valores de conductividad térmica de diversos materiales
http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/tb03_conductividad.php

Anota los valores mayores y los menores. Averigua y responde en tu cuaderno: ¿qué significa que un material tenga una mayor conductividad térmica que otro?, ¿influirá en la temperatura que alcanza, en la rapidez con que se propaga, o en ambas?

Describir-relacionar-inferir

Actividad 9

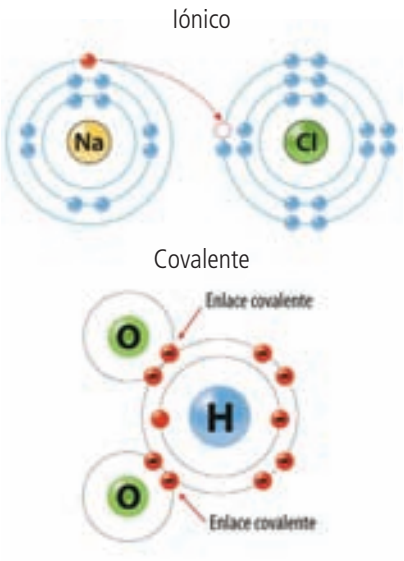
Materiales conductores y aislantes

Para desarrollar esta actividad necesitarán: un vaso con agua caliente, una cuchara metálica, un palito de helado o lápiz mina.

1. En un vaso con agua caliente pon la cuchara y el palito de helado.
2. Espera 2 minutos y toca el extremo libre de la cuchara y el extremo del objeto de madera.

a. ¿Hay alguna diferencia en las temperaturas que percibiste?

b. ¿Qué crees que ocurre en cada uno de los materiales para que se produzca dicha diferencia?



Como pudiste inferir de la actividad anterior, la cuchara de metal propaga mejor el calor que el palo de madera. Esto se debe a que los distintos materiales poseen distintos valores para su **conductividad térmica.** Mientras mayor es este valor, de mejor manera el material propagará el calor. En este caso, la conductividad de la cuchara es mayor a la conductividad de la madera.

¿De qué depende que un material propague de mejor manera el calor?

La capacidad de propagar o no el calor se debe a la estructura molecular de cada cuerpo, específicamente a sus enlaces. Para que un material transmita la energía, debe ser capaz de producir un aumento de temperatura debido a los choques entre partículas.

Si los electrones están fuertemente ligados, será muy difícil que transmita este movimiento; en cambio, si los electrones tienen la posibilidad de desplazarse, entonces podrán transmitir el calor, produciendo un aumento de temperatura en todo el material.

Los **enlaces iónicos y covalentes** presentan una gran fuerza de enlace entre sus átomos; por lo tanto sus electrones están fuertemente ligados. Debido a esto, al exponer a una fuente de calor una sustancia que tenga este tipo de enlaces, la temperatura aumentará en el punto que se encuentra en contacto con la fuente de calor, pero no se transmitirá la energía, o lo hará en pequeña magnitud. A los materiales que no presentan una buena propagación del calor se les llama **aislantes térmicos.** Por ejemplo, la madera es un aislante térmico.

Los materiales que propagan de buena manera el calor, presentan por lo general enlaces metálicos. Este tipo de enlaces posee electrones libres, es decir, electrones débilmente ligados, que ante un incremento de energía pueden abandonar su posición de equilibrio, interactuando con otras moléculas, lo que genera así un aumento de temperatura a lo largo del material. A los materiales que presentan una buena propagación del calor se les denomina **conductores térmicos.** La plata y en general todos los metales son muy buenos conductores del calor.

Conceptos clave

Enlaces

Los enlaces son las formas en que interactúan los átomos para formar moléculas. Un enlace covalente es aquel donde los átomos comparten electrones, por lo que crean una gran fuerza de enlace. Un enlace iónico se genera a partir de la interacción entre iones, partículas con carga, que se atraen entre sí. En un enlace metálico, los átomos comparten su nube electrónica, siendo estos electrones compartidos por todos los átomos que forman esta molécula.

Actividad 10

Analizar

Diferentes densidades

Convección

1. Si tienes una taza con té o café muy caliente, puedes ver que el vapor que sale (en realidad vapor condensado) se mueve hacia arriba. ¿Por qué crees tú que el vapor sube?
2. En un vaso transparente, echa un poco de aceite, luego, agrégale agua.

a. ¿Qué observas?

b. ¿Qué sustancia queda arriba y cuál abajo?, ¿por qué?

c. ¿Cómo crees que influye la temperatura en la densidad de un líquido o un gas?

b. Convección

Los materiales siempre se ubican en el espacio de acuerdo a su densidad, si el aceite se ubica en la parte superior es porque el aceite es menos denso que el agua, lo mismo ocurre con el vapor. Al aumentar la temperatura de una sustancia aumenta el movimiento de partículas, por lo que aumenta el volumen y, por consecuencia, disminuye su densidad. Como los líquidos y los gases tienen la propiedad de fluir, pueden desplazarse al presentar una diferencia de densidad. El movimiento de fluidos que se encuentran a distinta temperatura, y por consecuencia a diferente densidad, se llama corriente de **convección.**

Si estás en una habitación donde hay una estufa encendida, puedes sentir el calor que está emitiendo, ¿cómo se explica esto? El aire junto a la estufa se calienta, debido a esto cambia y se desplaza, generándose una corriente de convección.

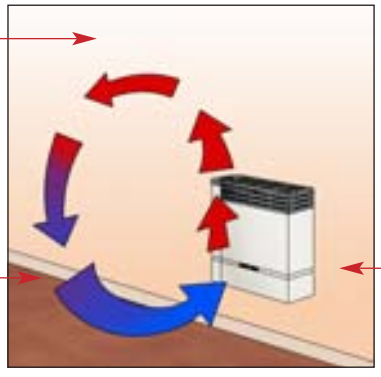
Si tienes una estufa encendida en una habitación, pero con la puerta abierta, ¿podrás calentar ese lugar? Claramente no, ya que la estufa es lo que llamamos un foco caliente y la puerta abierta, un foco frío. Esto impide que la temperatura del recinto aumente.

¿Qué sucedería si…?

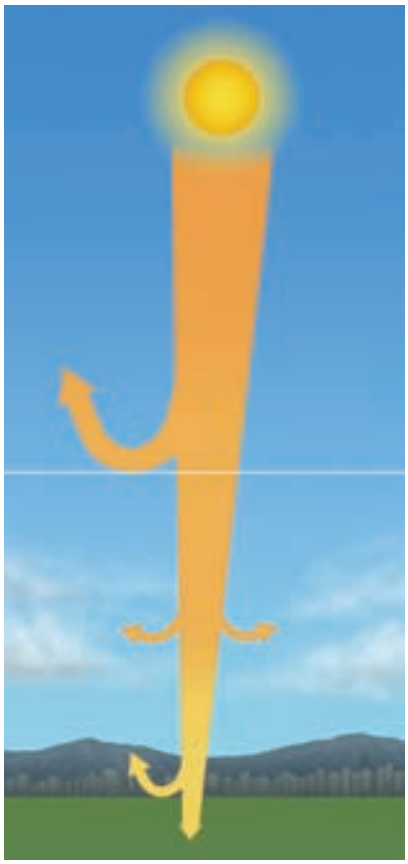
Uno de los tipos de calefacción que se utilizan es la llamada loza radiante, que consiste en un aumento en la temperatura del piso del lugar, lo que entrega calor al ambiente. ¿Qué sucedería si en lugar de utilizar loza radiante se utilizara "techo radiante"? ¿Cuál de los dos tipos sería más conveniente?, ¿por qué?

El aire que está más lejos de la fuente demora más en calentarse, por lo que su temperatura es menor, y al ser mayor su densidad se desplaza hacia abajo.

El aire a mayor temperatura presenta menor densidad, por lo cual siempre tiende a subir.



Puedes ver que cuando un fluido presenta diferencia de temperatura se genera una corriente de convección.



Al ingresar la radiación proveniente del Sol a la Tierra, parte de dicha radiación es reflejada por la atmósfera, por las nubes y por el suelo, mientras que otra parte es absorbida por la superficie.

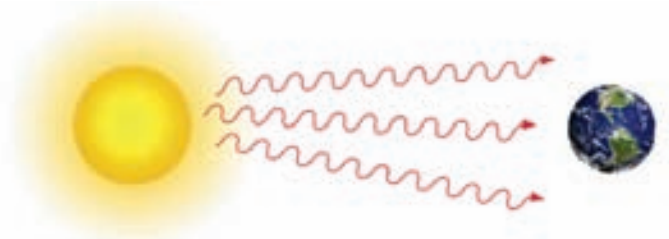
c. Radiación

En un día soleado, puedes sentir el calor que proviene del Sol. Sientes esa energía que produce un aumento de temperatura en tu piel. Pero entre el Sol y la Tierra hay vacío, no hay un medio material, entonces ¿cómo puede viajar la energía entre el Sol y la Tierra sin contar con un medio para desplazarse?

Como sabes, la luz es una onda electromagnética, por lo que no necesita un medio para propagarse. El calor es de la misma naturaleza que la luz, tiene el mismo comportamiento en el vacío, pero la diferencia es que es de una frecuencia menor que la luz visible, por eso no lo vemos. A este tipo de propagación del calor, mediante ondas electromagnéticas, se le llama **radiación infrarroja (IR).**

Pero las ondas electromagnéticas no se propagan solo en el vacío, ya que cuando el calor del Sol penetra en la atmósfera, viajará por el aire. Y debajo del agua también podemos percibir este calor.

La propagación por radiación no solo se produce desde el Sol a nuestro planeta. Por ejemplo, si estás en una habitación donde hay una estufa encendida, el calor lo recibes por convección y a través de la radiación infrarroja emitida por la estufa. Otro ejemplo se observa cuando al estar en un lugar cerrado, con muchas personas, la temperatura del lugar comienza a aumentar. Esto es porque cada persona está emitiendo calor, y la forma en que lo hace es por radiación.



Las ondas electromagnéticas provenientes del Sol permiten que lleguen hasta nosotros el calor y la luz.

Reflexionemos

El Sol emite también radiación ultravioleta hacia el espacio. Al llegar a la tierra, esta radiación es detenida principalmente por la capa de ozono. Como seguramente sabes, debido al uso de muchos agentes químicos, la capa de ozono se ha ido debilitando, teniendo como consecuencia que la penetración de esta radiación sea cada vez mayor. Esto genera graves problemas a la salud de las personas y de muchos otros seres vivos.

- Averigua: ¿qué problemas puede generar la radiación ultravioleta?
- ¿Qué podemos hacer para evitar que el daño de la capa de ozono siga aumentando?

Ciencia-Tecnología-Sociedad

¿Cómo podemos ver si no hay luz?: cámaras infrarrojas

Las ondas electromagnéticas presentan un amplio rango de frecuencias, solo una pequeña parte es visible por el hombre. Pero la tecnología permite la detección de una radiación que no podemos ver: el calor.

Una cámara infrarroja es un aparato que percibe la radiación infrarroja emitida de los distintos cuerpos y la transforma en imágenes luminosas para ser visualizada por el ojo humano.

Todos los cuerpos cuyas temperaturas sean mayores a 0 K emiten calor en forma de radiación. La emisión es de la misma naturaleza que la luz, pero de una frecuencia menor, la cual no es percibida por el ojo humano, pues no está dentro del rango visible. Una cámara infrarroja es capaz de detectar esta radiación, el calor que emite un cuerpo y lo transforma en imagen.

Las imágenes se visualizan en una pantalla, que generalmente son monocromáticas, porque se utiliza un solo tipo de sensor que percibe una particular longitud de onda infrarroja. Se observan las áreas más calientes de un cuerpo, en blanco, y las más frías, en negro, y con matices grises los grados de temperatura intermedios entre los límites térmicos.

Sin embargo, existen otras cámaras infrarrojas que se usan exclusivamente para medir temperaturas y asignan a las distintas temperaturas del cuerpo colores de manera arbitraria, así las imágenes se muestran coloreadas, porque son más fáciles de interpretar con la vista. Esos "falsos colores" tienen entre sus varias aplicaciones las cartografías, ya que asignando colores pueden describir las diferentes alturas del relieve de un mapa: de color azul las partes más frías que comúnmente son las más altas y de color rojo las más calientes que son las más bajas. Las partes intermedias en altura, y por consecuencia en temperatura, aparecen en otros colores como el amarillo y el anaranjado.

Algunas aplicaciones generales de las cámaras infrarrojas son: ver en la oscuridad, o ver en lugares poco visibles, como, por ejemplo, buscar una persona en un bosque o buscar algo bajo tierra.

Fuente: Archivo Editorial.

A partir de la lectura anterior y de lo que has aprendido en esta unidad, responde:

a. ¿Por qué todo cuerpo emite calor? ¿Cuándo un cuerpo no emite calor?

b. Si observaras con una cámara infrarroja dos cuerpos a la misma temperatura, uno en estado sólido y otro en estado líquido, ¿cuál presentará una mayor emisión?, ¿por qué?

c. ¿Qué aplicaciones podrían tener las cámaras infrarrojas?

Observar-interpretar

Actividad 11

Situaciones de propagación del calor

Propagación del calor

Como has aprendido, el calor se propaga de distintas formas, puede ser por conducción, convección o radiación. Dependiendo de las condiciones, se presentará un tipo u otro de propagación.
Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas, en las cuales deberás determinar las distintas formas de propagación de calor.

1. Observa la imagen, y determina en qué situaciones existe propagación por:
   a. conducción.
   b. convección.
   c. radiación.

2. En este momento, existen a tu alrededor muchas transferencias de calor entre los distintos cuerpos que te rodean. A partir de lo que observas y sientes, identifica cuerpos u objetos que estén recibiendo calor por:
   a. conducción.
   b. convección.
   c. radiación.

3. Frota fuertemente tus manos y acércalas a las manos de otra persona sin que exista contacto. Luego intercambien roles.
   a. ¿Percibes un cambio en tus manos después de frotarlas?
   b. Cuándo la otra persona acerca sus manos a las tuyas, ¿percibes algún cambio?
   c. ¿Hay transferencia de calor en esta situación?

2.4 Calor y cambios de estado

ANALIZAR

Actividad 12

CURVA DE CALENTAMIENTO DEL AGUA

El gráfico muestra la curva de calentamiento del agua. Obsérvalo atentamente y responde las preguntas que se te proponen a continuación.

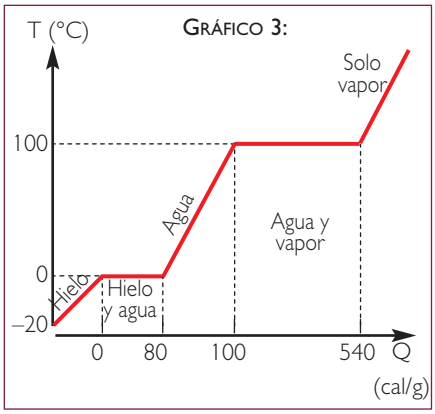
a. ¿Cuál es la temperatura de congelación del agua?

b. ¿Cuál es la temperatura de fusión del hielo?

c. ¿Podríamos tener agua y hielo a la misma temperatura?

d. ¿Qué diferencia hay entre el hielo a 0 °C y el agua a 0 °C?

GRÁFICO 3:



Como sabes, no puede haber cambio de temperatura sin transferencia de calor. Sin embargo, de la actividad anterior se puede inferir que en ocasiones puede existir transferencia de calor sin que se produzca un cambio en la temperatura.

Para que una sustancia cambie de fase debe existir un transferencia de calor. Dependiendo del cambio que se produzca habrá emisión o absorción de calor, pero ¿por qué no se produce variación de temperatura en un cambio de fase? Un sólido presenta vibración de partículas y una distancia de separación entre ellas muy pequeña. Cuando se entrega energía al cuerpo, aumenta su estado de vibración, pero llega un punto en que su estado de agitación es muy grande para la separación que hay entre partículas, por lo tanto, la energía recibida será utilizada para romper los enlaces entre partículas y así tener una mayor separación. Como el estado de vibración no ha cambiado, no hay variación de temperatura.

Ten presente que:

- La vaporización no es lo mismo que la evaporación. El cambio de estado se llama vaporización. Dicho cambio puede ocurrir de dos formas: como evaporación, la cual puede ser a cualquier temperatura, o como ebullición, la cual ocurre a una temperatura determinada y con gran agitación de partículas. Por ejemplo, el agua presenta su ebullición a los 100 °C a 1 atm de presión.

2.5 Calor sensible y calor latente

De acuerdo con lo anterior, podemos distinguir dos tipos de calor, dependiendo del efecto que produzca en el cuerpo. Cuando el calor produce un cambio de temperatura se llama **calor sensible**, y se expresa a través de la ecuación:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Si el calor produce un cambio de fase, el cual ocurre a temperatura constante, se le llama **calor latente de cambio de fase.** Cabe notar que, en ambos casos, el calor es energía en tránsito y se mide en joules o en calorías.

¿De qué depende el valor del calor latente?

a. Dependerá, en primer lugar, de la masa, ya que a mayor masa hay más enlaces que romper, por lo tanto, se necesita más calor.

b. Dependerá también del material, específicamente de la fuerza de enlace y de la separación que adquieren las partículas de una sustancia.

El calor latente es una constante para cada sustancia que se expresa en energía por unidad de masa.

Por ejemplo, el calor latente de fusión del hielo es 80 cal/g, esto indica que para transformar un gramo de hielo a 0 °C en un gramo de agua a 0 °C es necesario suministrarle 80 calorías; por el contrario, cuando un gramo de agua se transforma en hielo, ambos a 0 °C, se liberan 80 calorías.

La cantidad de calor que necesita un cuerpo para cambiar de fase está dada por:

$$Q = \pm L \cdot m$$

L : calor latente y m : masa

El signo (+) se utiliza cuando es necesario suministrar calor a la sustancia para cambiar su fase, y el signo (-) cuando se ha debido extraer calor.

Entonces, para la fusión de 1 g de hielo se necesitan 80 cal, pero para la fusión de 2 g serán necesarias 160 cal.

Actividad 13

Analizar

Calores latentes

La siguiente tabla muestra los calores latentes de fusión y vaporización para algunas sustancias. Analiza los datos entregados y responde:

a. ¿Qué significa que el oxígeno tenga el calor latente más bajo?

b. ¿Se requiere la misma cantidad de energía para los distintos cambios de fase?, ¿por qué ?

Tabla 2. Calores latentes de fusión y de vaporización para algunas sustancias

Sustancia	Calor latente de fusión $\times 10^3 (J/kg)$	Calor latente de vaporización $\times 10^3 (J/kg)$
Agua	334	2.260
Aluminio	397	11.400
Oxígeno	13,8	213
Cobre	135	5.060
Oro	64,4	1.580
Plomo	24,5	870

EJEMPLO RESUELTO 2

Calor y cambio de fase

Cuando se entrega calor a un cuerpo, puede ser que esta energía produzca un cambio de temperatura o, si se encuentra en una temperatura de cambio de fase, el cuerpo cambie de estado.

A continuación veremos un ejercicio donde se presentan ambas situaciones.

Determinar el calor que se debe entregar a 2 g de hielo que inicialmente se encuentran a -10 °C, para obtener los 2 g, pero como vapor de agua a 100 °C.
Calor específico del hielo: 0,5 cal/g °C.
Calor específico del agua: 1 cal/g °C.
Calor de fusión del hielo: 80 cal/g.
Calor de vaporización del agua a 100 °C: 540 cal/g.

Para este ejercicio usaremos el calor específico medido en cal/g °C. Si bien estas unidades no pertenecen al sistema internacional, aún son de uso común.

1 cal = 4,184 J

- En primer lugar, se debe determinar el calor necesario para variar la temperatura del hielo desde los -10 °C a 0 °C, utilizando la ecuación de calor sensible:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 2 \cdot 0,5 \cdot 10 = 10\,\text{cal}$$

- Luego que ha alcanzado la temperatura de fusión, calculamos el calor necesario para que cambie de fase de sólido a líquido:

$$Q = L \cdot m$$

$$Q = 80 \cdot 2 = 160\,\text{cal}$$

- Ahora, determinamos el calor para producir el cambio de temperatura en el agua, desde los 0 °C a los 100 °C, utilizando nuevamente la ecuación de calor sensible:

$$Q = 2 \cdot 1 \cdot 100 = 200\,\text{cal}$$

- Por último, debemos calcular el calor para producir el cambio de fase de líquido a gas, utilizando el calor latente de cambio de fase:

$$Q = 2 \cdot 540 = 1080\,\text{cal}$$

- El calor total necesario será la suma de toda la energía requerida en cada paso:

$$Q = 10 + 160 + 200 + 1080$$

$$Q = 1450\,\text{cal}$$

Si a 2 g de hielo a -10 °C se le entregan 1450 cal se obtendrán 2 g de vapor de agua a 100 °C.

2.6 Ley de enfriamiento de Newton

Actividad 14

Inferir-interpretar

¿Cómo es la variación de la temperatura de un cuerpo al enfriarse?

Precaución:

Para realizar esta actividad, debes tener mucho cuidado, ya que las temperaturas altas pueden producir quemaduras.

Materiales

- Vaso de precipitado.
- Mechero.
- Cronómetro.
- Termómetro de laboratorio.
- Agua.

El mechero puede ser remplazado por un hervidor, en este caso se debe poner el agua hervida en el vaso y luego realizar las mediciones.

1. En primer lugar, midan la temperatura del ambiente y anótenla.
2. Pongan sobre el mechero el vaso de precipitado con agua en su interior y enciéndanlo. Manténganlo encendido hasta que el agua comience a hervir.
3. Introduzcan el termómetro en el agua y anoten la temperatura a la cual se presenta la ebullición.
4. En el cuaderno, realicen una tabla para registrar la temperatura en función del tiempo.
5. Ahora, apaguen el mechero y con el cronómetro vayan registrando la temperatura que presenta el termómetro, cada 1 minuto.

A partir de lo realizado, desarrollen las siguientes actividades y respondan en el cuaderno.

a. Grafiquen los datos obtenidos, realizando un gráfico temperatura vs. tiempo.
b. ¿Por qué disminuye la temperatura del agua?
c. ¿Qué relación existe entre la variación de temperatura y el tiempo transcurrido? ¿De qué crees que depende esta relación?

En la actividad anterior pudiste notar que la variación de temperatura no es lineal, pues a medida que va pasando el tiempo, la temperatura disminuye cada vez con menor rapidez, hasta que pasado un tiempo experimenta mínimas variaciones.

El agua se enfría porque al estar en contacto con el ambiente, la temperatura que lo rodea es menor, por lo tanto, hay un flujo de calor que produce este cambio de temperatura.

¿De qué depende la rapidez de la variación de temperatura?

En la actividad 14 pudiste observar que al comienzo hay una gran diferencia entre la temperatura del agua y la temperatura del ambiente; por lo tanto, hay una gran transferencia de calor, lo que produce que la temperatura cambie rápidamente. Pero, al disminuir la temperatura del agua, la diferencia con el ambiente también disminuye, por ende, la transferencia de calor será menor y eso trae como consecuencia que disminuya la rapidez con que cambia la temperatura.

Este fenómeno es descrito por la **ley de enfriamiento de Newton,** la que puede enunciarse de la siguiente manera: "La temperatura de un cuerpo cambia a una velocidad que es proporcional a la diferencia de las temperaturas entre el medio externo y el cuerpo". Esto quiere decir que a mayor diferencia relativa entre la temperatura del cuerpo y la del medio, mayor será la rapidez de cambio y la temperatura del cuerpo disminuirá rápidamente. Pero si la diferencia relativa de temperatura es pequeña, la rapidez será pequeña y el cambio ocurrirá lentamente. Es importante mencionar que la ley de enfriamiento de Newton es un modelo válido solo para pequeñas diferencias de temperatura.

Para pequeñas diferencias de temperatura, la rapidez con que se enfría una taza de café es proporcional a la diferencia entre su temperatura y la temperatura del medio.

Inter@ctividad

En esta página encontrarás una animación en la que se ve el descenso de temperatura medida por un termómetro, y cuyos datos son registrados en un gráfico.
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/enfriamiento/enfriamiento.htm
Observa con atención y compara el gráfico con el obtenido en la actividad 15 de la página anterior.

Conexión con… Meteorología

La meteorología es una ciencia interdisciplinaria que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos allí producidos y las leyes que los rigen.

Existen fenómenos asociados al desplazamiento de masas de aire polar que producen descensos bruscos en la temperatura, a veces de varios grados en un tiempo muy breve, tanto como 10 °C en cuestión de minutos. ¿Crees que la ley de enfriamiento de Newton es aplicable a dichos descensos bruscos de la temperatura?

NASA Goddard Space Flight Center.

Para hacer pronósticos del estado del tiempo, los meteorólogos se basan en una serie de modelos matemáticos y leyes físicas, entre ellas, leyes asociadas a procesos termodinámicos.

Investigación científica

Experimento de Joule

Observación y planteamiento del problema

La energía puede adoptar distintas formas, como energía mecánica, eléctrica o el calor. Como en todos los casos es energía, esta se puede transformar de una en otra.

Hipótesis

La energía mecánica puede transformarse en calor.

Procedimiento

En este caso, conoceremos el experimento realizado por el físico inglés James Prescott Joule (1818-1889) para encontrar la relación entre calor y energía mecánica.

En el año 1840, luego de muchos años de estudio, se determinó que el calor era una forma de energía. Como la energía se puede transformar, Joule realizó un experimento para encontrar el equivalente mecánico del calor, es decir, a cuánto trabajo mecánico equivale una determinada cantidad de calor.

El experimento que realizó Joule es el siguiente:

En la figura se puede ver que el montaje experimental incluía un eje que contenía una serie de aspas.
Mediante las masas que se encuentran suspendidas se hacía girar el eje y las aspas agitaban el agua que se encontraba en su interior. Un termómetro medía la temperatura del agua.

Cuando la temperatura aumentó en 1 °C, al calor absorbido por cada gramo de agua le asignó el valor de 1 caloría al trabajo realizado para lograr dicho incremento, es decir, se entregó 1 cal para aumentar la temperatura del agua en 1°C.

Análisis y conclusiones

Respondan en sus cuadernos las siguientes preguntas:

a. ¿Por qué crees tú que aumentó la temperatura del agua en esta experiencia?
b. ¿El aumento de temperatura tiene que ver con la rapidez de las aspas? Explica.
c. ¿Qué podrías concluir tú con los resultados de esta experiencia? Justifica tu respuesta.
d. Explica si este experimento comprueba la hipótesis planteada.

SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:

Calor sensible: **es aquel que produce** _____

Calor latente: **es aquel que puede producir** _____

los efectos que produce el calor son

Cuerpo A

Si el cuerpo A se encuentra a mayor temperatura, _____ calor, y su temperatura _____.

El calor transita desde el cuerpo _____ al cuerpo con _____ hasta que los dos alcanzan el _____ .

Cuerpo B

Como el cuerpo B se encuentra a una menor _____, está _____ calor, lo que provoca un _____ de temperatura.

las formas en que se propaga el calor son

Conducción: el calor se transmite por _____ entre partículas a lo largo de un mismo _____ o por _____ entre dos cuerpos.

Convección: se aplica solo a los _____ ya que se desplaza la _____ por diferencia de _____.

Radiación: se propaga mediante _____ las cuales no necesitan medio material.

la intensidad del flujo de calor depende de

La rapidez con que cambia la temperatura depende directamente de la _____ de temperatura de los cuerpos. Esto se conoce como la ley _____ .

EVALUACIÓN DE PROCESO

1. Una cuchara de plata de 40 g se enfría desde los 70 °C hasta los 25 °C. ¿Qué cantidad de calor cedió, expresado en joules?, ¿y en calorías? ($c_{plata} = 251\left[\mathrm{J/kg\,K}\right]$).

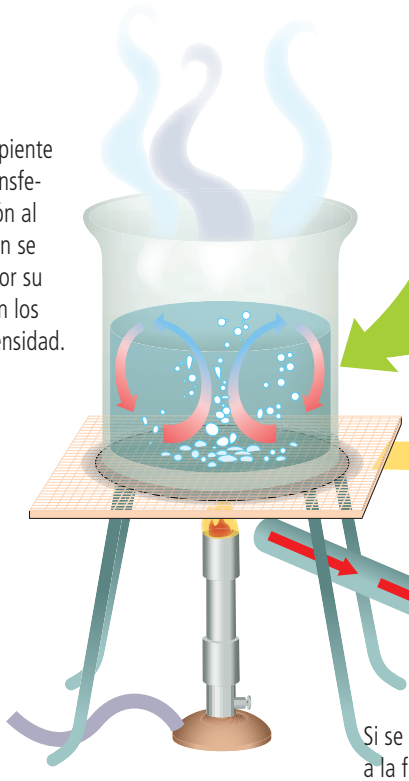
ASÍ APRENDO MEJOR

Responde en tu cuaderno.

a. ¿De qué manera(s) te resultó más fácil aprender?

b. ¿A qué piensas que se debe?

Al entregar energía a un recipiente con agua se produce una transferencia de calor por convención al interior de este. La convección se produce solo en los fluidos por su capacidad de desplazarse con los cambios de temperatura y densidad.



Al aumentar la temperatura de una sustancia, aumenta la energía cinética de las moléculas que la conforman.

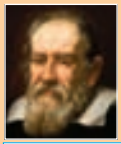
Una vez que el agua alcanza una temperatura alta, no se le suministra más energía.

Al aumentar la temperatura de la barra, esta comienza a emitir calor en forma de radiación infrarroja.

Si se acerca una barra metálica a la fuente de calor, este se transmite a lo largo del material por conducción, mediante choques consecutivos de partículas.

Alcanzada cierta temperatura. la barra experimenta un aumento de su longitud, llamada dilatación lineal.

Línea de tiempo



1554-1642

En esta época, la humanidad está descubriendo nuevos mundos, por lo que es absolutamente necesario el avance de la ciencia.

1643-1727

Por estos años, predomina principalmente el humanismo como movimiento intelectual, que toma al ser humano como centro.

1730-1744

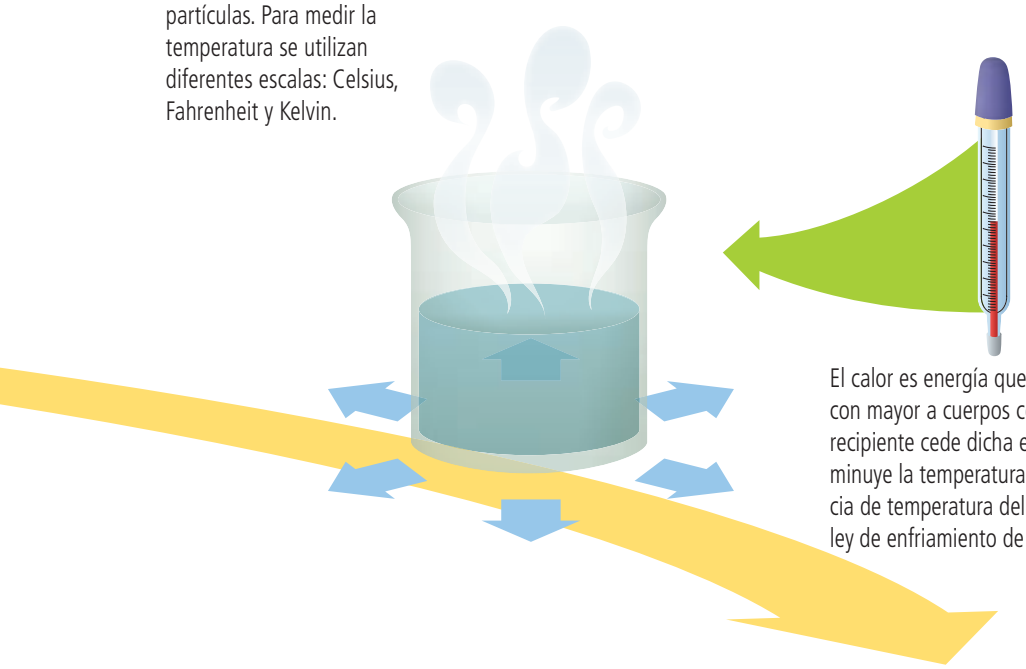
Celsius era un físico sueco. En este tiempo, Suecia es el único país donde la monarquía no es absoluta, sino que se rige por un gobierno parlamentario.

Galileo Galilei crea el primer termómetro en 1592. Con este hecho se da inicio a la historia de la termodinámica.

Isaac Newton, a fines del 1600, plantea que la rapidez con que disminuye la temperatura de un cuerpo depende de la diferencia de temperatura que lo rodea.

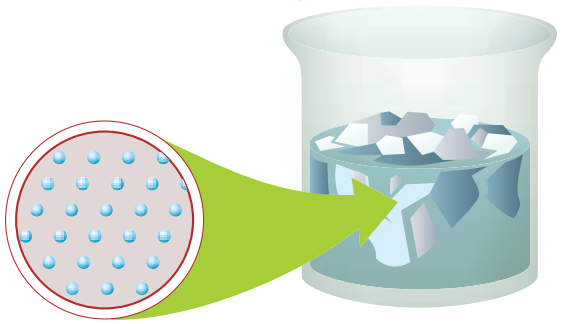
Anders Celsius, en 1742, crea la escala que lleva su nombre, a partir de la temperatura de congelación y ebullición del agua.

La temperatura indica el grado de agitación de las partículas. Para medir la temperatura se utilizan diferentes escalas: Celsius, Fahrenheit y Kelvin.



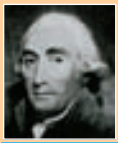
El calor es energía que espontáneamente transita desde cuerpos con mayor a cuerpos con menor temperatura. Es por esto que el recipiente cede dicha energía al medio. La rapidez con que disminuye la temperatura es directamente proporcional a la diferencia de temperatura del medio que lo rodea. Esto se conoce como ley de enfriamiento de Newton.

Si se extrae la energía del recipiente, disminuye la energía de las partículas.



La energía cinética de las moléculas de agua disminuye; la temperatura límite en la que no habría movimiento de moléculas es de 0 K o -273 °C

Línea de tiempo



1728-1799

La Ilustración se encuentra en su esplendor, se da énfasis a la ciencia, al estudio y al progreso.

1768-1830

Durante el reinado de Felipe VII, en España, la mayoría de las colonias españolas en América consiguen su independencia. En Chile esto ocurre en 1810.

1818-1889

1824-1907

Hay un gran desarrollo en las distintas áreas de la ciencia, destacándose en esta época los avances en geología.

Joseph Black, en 1765, hace la distinción entre los conceptos de temperatura y calor. Además, plantea la teoría del calórico.

Joseph Fourier formula la teoría de transmisión del calor por conducción, en 1822.

James Joule, en 1843, calcula el equivalente mecánico del calor determinando que el calor es una forma de energía.

Lord Kelvin, cerca de 1850, plantea la escala de medición de temperatura, conocida como escala absoluta. Para ello se basó en la escala creada por Celsius.

Responde en tu cuaderno

Al comienzo de la unidad respondiste la evaluación diagnóstica. Vuelve a responderla y luego compara tus respuestas anteriores con las actuales. ¿Hay diferencias? ¿Cómo evaluarías tu progreso?

A continuación, responde la siguiente evaluación sobre los conceptos estudiados en esta unidad.

Comprendo

1. **¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa con respecto a la temperatura?**
   - A) Es una medida que indica el estado cinético de las moléculas de un material.
   - B) Es una forma de energía.
   - C) Se mide con termómetros.
   - D) El Sistema Internacional la mide en escala Kelvin.
   - E) Permanece constante en un cambio de fase.

2. **¿Cómo es el comportamiento del agua al variar la temperatura?**
   - A) Siempre que aumenta la temperatura el agua se dilata.
   - B) Siempre que aumenta la temperatura el agua se contrae.
   - C) Al subir la temperatura de 0 °C a 4 °C, se contrae en vez de dilatarse.
   - D) La menor densidad se presenta a los 4 °C.
   - E) Su densidad es constante, independiente de la temperatura.

3. **¿Qué ocurre al alcanzarse el equilibrio térmico?**
   - A) Las temperaturas de los cuerpos son iguales.
   - B) La transferencia neta de calor es cero.
   - C) No hay variación de temperatura.
   - D) No hay cambios de estado.
   - E) Todas las anteriores.

4. **¿Cuál de las siguientes afirmaciones se relaciona mejor con la ley de enfriamiento de Newton?**
   - A) La rapidez con que cambia la temperatura depende de la diferencia de temperatura entre los cuerpos.
   - B) La rapidez con que cambia la temperatura depende del tiempo.
   - C) Un cuerpo siempre disminuye su temperatura en contacto con el ambiente.
   - D) La temperatura disminuye de manera lineal con el tiempo.
   - E) En el equilibrio térmico la temperatura disminuye.

Analizo

5. **¿Por qué el calor latente no produce variación de temperatura?**

   A) Porque no hay transferencia de calor.
   B) Porque no aumenta la energía interna.
   C) Porque la energía es utilizada para romper enlaces.
   D) Porque las partículas absorben la energía.
   E) El calor latente produce cambio de temperatura.

6. **Mientras mayor sea la masa de un cuerpo, mayor es el calor necesario para un aumento específico de su temperatura. ¿A qué se debe esto?**

   A) A mayor masa, más cuesta mover las partículas.
   B) Como mayor es la masa, su densidad es mayor, por lo que cuesta aumentar la agitación.
   C) Al ser mayor la masa, mayor es la fuerza de cohesión, por lo que las partículas tienden al reposo.
   D) Como la cantidad de materia es mayor, hay más partículas que mover, por lo que se necesita más energía.
   E) Ninguna de las anteriores.

7. **¿Por qué flota el hielo en el agua?**

   A) Porque el hielo es menos denso que el agua.
   B) Porque la masa del hielo es menor que la del agua.
   C) Porque ambos se encuentran en equilibrio térmico.
   D) Porque el calor va del hielo al agua.
   E) Porque el hielo no cambia de estado.

8. **¿Cuál es la relación entre temperatura y calor?**

   A) Ambos indican energía.
   B) La transferencia de calor existe entre cuerpos a distinta temperatura.
   C) En el equilibrio térmico ambos son nulos.
   D) Los dos se miden con termómetros.
   E) Son sinónimos.

Responde en tu cuaderno

Aplico

9. **Un pastel está en el horno encendido. ¿Cómo se produce la transferencia de calor?**

   A) Solo por su conducción.
   B) Por conducción y convección.
   C) Solo por radiación.
   D) Solo por convección.
   E) Por radiación, convección, conducción.

10. **Un cuerpo A, a una temperatura de 10°C, y un cuerpo B, a 50°C, se ponen en contacto aislados térmicamente, alcanzando el equilibrio a los 20°C. ¿Qué se puede afirmar del cuerpo A?**

   A) Tiene menor masa que B.
   B) Absorbe menos calor que lo que emitió B.
   C) Tiene mayor calor específico que B.
   D) Tiene mayor capacidad calórica que B.
   E) Tiene menor capacidad calórica que B.

11. **¿Qué es lo que se cumple en una vaporización?**

   I. Hay absorción de energía.
   II. Hay aumento de densidad.
   III. No hay cambio de temperatura.

   A) Solo I
   B) Solo III
   C) I y II
   D) I y III
   E) II y III

12. **¿Por qué es mejor utilizar mercurio y no agua en un termómetro de vidrio?**

   A) El mercurio tiene menor densidad.
   B) El mercurio tiene mayor coeficiente de dilatación.
   C) El mercurio se encuentra a mayor temperatura.
   D) El mercurio es mejor conductor.
   E) Es lo mismo utilizar mercurio o agua.

Efecto invernadero

Observación y planteamiento del problema

Uno de los grandes problemas de nuestra actualidad es el aumento de temperatura del planeta, conocido como calentamiento global, que, a su vez, es producto del efecto invernadero.

Averigüen qué es el efecto invernadero y bajo qué condiciones se produce.
Júntense en grupos de cuatro compañeros y compañeras y planteen un problema de investigación.
Discutan acerca del problema y formulen una hipótesis con respecto a esta situación. Puede ser sobre cómo se produce o sobre los efectos que produce.

Procedimiento

1. A partir de la hipótesis planteada, diseñen un experimento que les permita comprobarla.
2. Hagan una lista de materiales.
3. Expliquen cómo debería ser el procedimiento; si tienen que tomar datos construyan tablas de datos para registrarlos.
4. Antes de comenzar, anoten qué es lo que esperan obtener.

Análisis

Analicen los datos obtenidos, comenten lo observado y discutan los resultados.

a. ¿Es lo que esperaban obtener?
b. ¿Podrían mejorar la experiencia?
c. ¿Qué conclusión pueden obtener?
d. ¿Lograron comprobar la hipótesis planteada?

Unidad

2 Fuerza y movimiento

¿Por qué podemos distinguir entre cuerpos que se mueven y otros que nos parecen inmóviles? Vivimos en un mundo en el que continuamente vemos el movimiento de distintos cuerpos: aves que vuelan, perros que corren, ciclistas, automóviles, pero ¿cuáles son las causas del movimiento de estos y otros cuerpos?, ¿existen distintos tipos de movimiento? En el transcurso de la unidad, trataremos de dar respuestas a estas y otras interrogantes que puedan ir surgiendo.

Aprenderás a:

- Identificar entre trayectoria y desplazamiento, en diferentes casos.
- Inferir, a partir de trayectoria y desplazamiento, los conceptos de rapidez y velocidad.
- Analizar gráficamente distintos movimientos uniformes rectilíneos y movimientos uniformes acelerados.
- Interpretar, a partir de los principios de Newton, las interacciones entre cuerpos en la naturaleza.
- Aplicar la correlación simple para interpretar datos relacionados a partir de una experiencia, tabla o gráfico.
- Valorar el trabajo en equipo para alcanzar un objetivo común.

Actividad inicial

A partir de las imágenes, contesta las siguientes preguntas; puedes trabajar en grupo, si lo quieres.

1. ¿Qué concepto relaciona los datos del movimiento de un atleta, si sabemos que demora 9,69 s en una distancia de 100 m planos?
2. En el juego de tirar la cuerda, ¿qué se espera que le ocurra al equipo contrario?
3. ¿Qué tipo de movimiento experimentamos al subir sobre una escalera mecánica?
4. ¿Cómo podrías describir el movimiento del búmeran de la imagen?
5. ¿Qué concepto resulta común a todas las imágenes?
6. ¿Crees que existe algo que asocia los fenómenos que se observan en cada una de las imágenes?

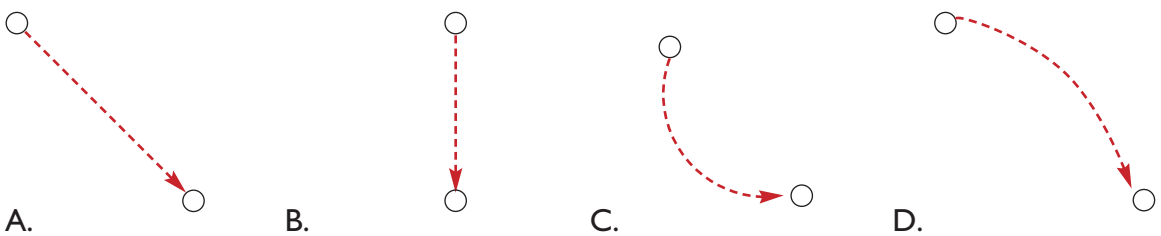
1. En la siguiente sopa de letras, encuentra ocho términos que tienen relación con fuerza y movimiento.

D	I	N	A	M	O	M	E	T	R	O	I
E	O	R	O	D	S	E	U	J	T	R	L
B	T	X	E	R	O	I	V	C	A	O	G
A	N	F	P	A	Q	D	E	T	U	F	A
Y	E	U	O	F	K	Y	L	E	D	O	N
L	I	T	I	H	A	Z	O	C	I	M	I
I	M	S	D	R	N	T	C	D	S	J	A
D	I	S	T	A	N	C	I	A	U	E	S
Q	V	S	J	P	R	A	D	E	G	O	I
E	O	D	E	I	T	U	A	K	M	N	V
F	M	O	L	D	A	G	D	E	D	P	U
N	E	F	I	E	M	C	I	X	A	R	O
I	V	O	A	Z	R	E	U	F	V	E	P

2. En un barco que se mueve con cierta velocidad, se deja caer un objeto desde el mástil.

   a. Si una persona se encuentra en tierra y observa la trayectoria del objeto que cae, ¿cuál de los siguientes dibujos crees que da cuenta de dicha trayectoria?

   b. Si otra persona se encuentra dentro del barco y observa la trayectoria del cuerpo al caer, ¿cuál de los dibujos da cuenta de la trayectoria del cuerpo?



3. Si un cuerpo reposa sobre una mesa, ¿qué puedes decir acerca de la suma de fuerzas que actúan sobre él?

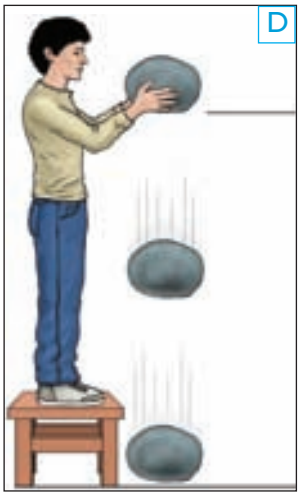
4. ¿En cuál de las siguientes imágenes se puede señalar que se está aplicando la ley de Hooke?

A

B

C

D



5. ¿Cuál de los siguientes instrumentos permite medir fuerzas?

A

B

C

6. Al estirar un resorte con una fuerza F, Magdalena observa que aumenta su largo en 10 cm. Si ejerce la mitad de la fuerza anterior, ¿cuánto se alargará el resorte?

Lo que me gustaría saber

- Elabora en tu cuaderno un listado de preguntas acerca de los temas que trata esta unidad y que te gustaría responder durante su estudio.
- Señala en qué medida piensas que los conceptos asociados a fuerza y movimiento te pueden ayudar en las acciones que realizas día a día.

¿Cuál crees que es la distancia más corta entre tu banco y el del profesor o profesora?

Reúnete con dos o tres compañeros o compañeras y planteen una posible respuesta a la pregunta propuesta.

Procedimiento

Consigan los siguientes materiales: una cinta métrica, un cordel o lana. Entre los integrantes de tu grupo planteen una hipótesis a partir de las respuestas expuestas por cada uno. A continuación, realicen los siguientes pasos:

1. Determinen tres caminos distintos entre el banco que escogieron y el de su profesor o profesora. Entre dichos caminos deben incluir aquel que piensen que es el más corto.
2. Realicen un mapa de la sala en el que tracen los tres caminos escogidos.
3. Mientras uno de los estudiantes sostiene un extremo del cordel o lana, otro camina sosteniendo el extremo libre, desde el banco escogido hasta el del profesor o profesora. Repitan esto para cada camino.
4. Midan en cada caso la longitud del cordel con la cinta métrica.
5. Registre y comparen las longitudes de los caminos realizados.

Responde las siguientes preguntas

a. ¿Cuántos caminos crees que pueden trazarse entre dos puntos cualesquiera?

b. ¿Qué otras formas de medición de longitudes te parecen posibles de usar al momento de medir este tipo de distancias?

c. ¿Cómo podrías mejorar uno de estos procedimientos para medir una distancia en un trayecto mayor, como el de tu casa a la escuela?

d. ¿Qué características tuvo la distancia más corta entre los puntos definidos? ¿Es siempre posible emplear este camino?

1. Trayectoria y desplazamiento

A partir de la actividad anterior, pudiste apreciar que la distancia más corta entre dos lugares es la recta que los separa. Sin embargo, en la vida diaria y en la mayoría de las ocasiones, para ir de un lugar a otro, no es posible hacerlo a través de la recta que los une y es necesario tomar caminos diferentes; cada uno de ellos suelen tener longitudes distintas. Es así como, en una ciudad, es común utilizar algún medio de transporte para trasladarse, y según distancias que hay que recorrer y el sentido de las calles, puede que el camino que toma un bus o vehículo de ida sea completamente diferente al que toma de regreso. En otros, sin embargo, por transitar a lo largo de calles de doble sentido puede recorrerlas sin cambiar de ruta, pero lo hace en sentido opuesto al retornar.

Resulta necesario distinguir entre el camino recorrido o trayectoria y el desplazamiento, ya que para la descripción de un movimiento esta diferencia es realmente importante. La **trayectoria** es la línea continua por la cual un cuerpo se mueve, por lo tanto, esta puede ser recta, curva o enredarse sobre sí misma, ya que el objeto puede pasar varias veces sobre el mismo punto. A la longitud de la trayectoria la denominaremos distancia recorrida (Δd).

El **desplazamiento** (Δx), en cambio, es muy diferente; lo representamos por una flecha que está dirigida desde el punto inicial del movimiento hasta un punto cualquiera en el que se encuentre el móvil, y corresponde al cambio de posición de este. **El desplazamiento solo depende de los puntos entre los cuales se ha movido el cuerpo, y es independiente del camino seguido por él.**

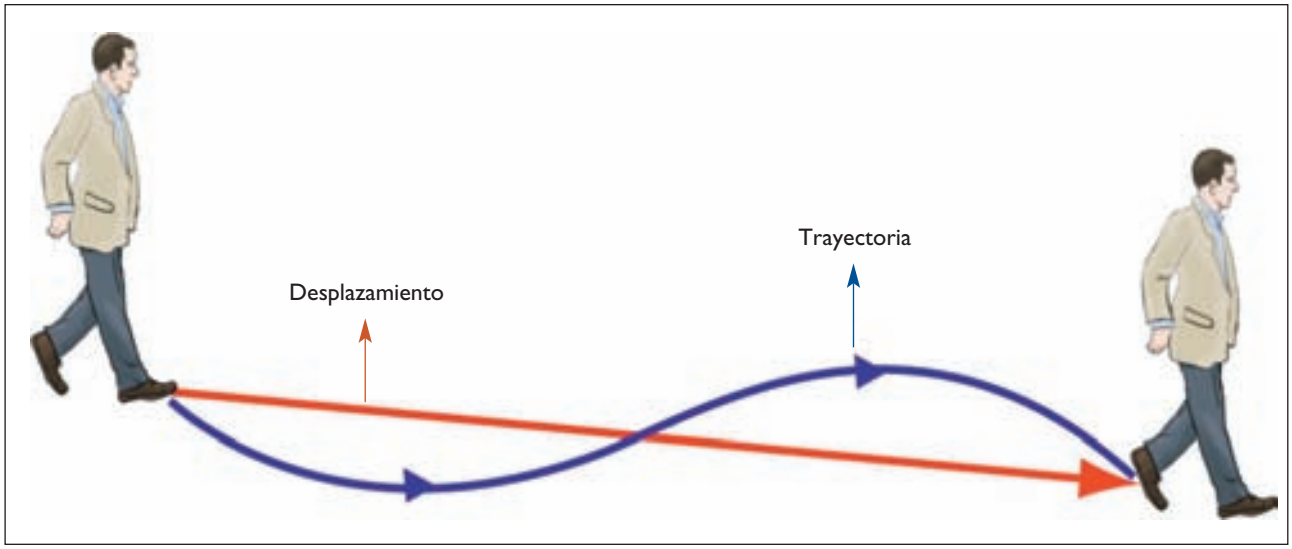
CONCEPTOS CLAVE

Cuerpo: en Física, es frecuente emplear la palabra cuerpo para referirse a un objeto o ser vivo.

Móvil: se denomina así a un cuerpo en movimiento.

Ten presente que:

- Dirección y sentido para el movimiento de un cuerpo son conceptos distintos. Hablamos de dirección cuando nos referimos a la línea recta por la que se mueve un cuerpo. El sentido, en cambio, es hacia dónde, en dicha línea recta, se mueve el cuerpo.



Actividad 1

Inferir

Trayectoria de las agujas de un reloj

Para esta actividad requieres del uso de una regla y de un reloj de agujas. En el caso de no disponer de un reloj de agujas, puedes fabricar con cartón un modelo de reloj que tenga minutero y horario.

1. Con un compañero o compañera, midan el largo de las agujas del reloj, registrando dichas medidas.
2. Determinen el valor de la longitud de la trayectoria y el desplazamiento del extremo de cada una de las agujas cuando hayan completado media vuelta.

a. ¿Qué tipo de trayectoria describen los extremos de las agujas?

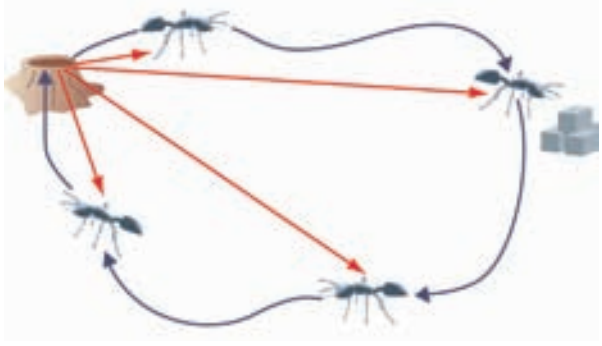
b. ¿Cuánto tiempo debe pasar para que el minutero complete media vuelta?

c. Una vez que las agujas han realizado una vuelta completa, ¿cuánto mide el desplazamiento que efectúan los extremos de las agujas?

d. ¿Qué diferencia crees que hay entre la trayectoria y el desplazamiento en este tipo de movimiento?

En la actividad anterior pudimos determinar que para el caso específico de los extremos de las agujas de un reloj existe una diferencia numérica entre la longitud de la trayectoria y el desplazamiento. Resulta interesante preguntarse: ¿qué ocurre con el desplazamiento de un cuerpo si inicia y finaliza su trayecto en el mismo punto? Como seguramente observaste en la actividad anterior, en este caso, el desplazamiento es cero.

Veamos otro ejemplo: una hormiga, para ir a buscar el alimento, debe salir del hormiguero (ver dibujo), rodear unos pequeños obstáculos, alcanzar unos pocos granos de azúcar, para luego devolverse por un camino distinto al hormiguero. Las flechas que indican el desplazamiento de la hormiga a medida que se aleja del hormiguero comienzan a aumentar de tamaño; pero, cuando la hormiga regresa al hormiguero las mismas flechas comienzan ahora a disminuir de tamaño, llegando un momento en que el desplazamiento es cero. Generalizando, podemos decir que en toda **trayectoria cerrada,** esto es, que su trayecto se inicie y finalice en el mismo punto, para cierto intervalo de tiempo, el desplazamiento es igual a cero.



1.1 Trayectoria rectilínea

ANALIZAR

Actividad 2

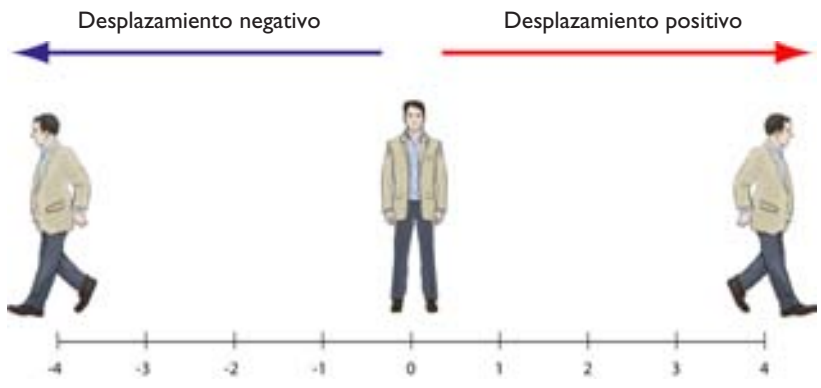
ANALIZANDO UNA TRAYECTORIA RECTILÍNEA

Reúnete con un compañero o compañera; para realizar la actividad deben conseguir una cinta métrica de, al menos 3 m. En el caso de no poseer una cinta métrica, se pueden realizar marcas en una línea recta sobre el suelo, espaciadas 50 cm unas de otras.

1. Fijen la cinta métrica al suelo de la sala en un lugar donde al menos quede extendida unos 2,5 m.
2. Pídele a tu compañero(a) que se ubique en el extremo 0 de la cinta métrica.
3. Luego, pídele que avance 2 m desde el 0 en sentido ascendente. Después, que avance 1,5 m en sentido descendente y finalmente 50 cm en sentido ascendente.
   a. ¿Cuál fue la distancia recorrida?
   b. ¿Cuál fue el desplazamiento realizado?
   c. ¿Cómo fue la distancia recorrida respecto del desplazamiento?
   d. ¿Qué debería ocurrir en el movimiento sobre la línea recta para que el desplazamiento y la trayectoria fueran iguales?

En la actividad anterior observaste que cuando un cuerpo se mueve en una línea recta, la longitud de la trayectoria y el desplazamiento son distintos si el sentido del movimiento cambia. Pero si el sentido del movimiento permanece invariable en un trayecto rectilíneo, podemos decir que la trayectoria y el desplazamiento, en ese caso, miden lo mismo.

También es importante que consideres que el valor de la distancia recorrida es siempre positiva, a diferencia del desplazamiento, que puede ser positivo o negativo; el signo del desplazamiento da cuenta del sentido del movimiento, ya que este es una magnitud vectorial.



Por convención se considera negativo el desplazamiento hacia la izquierda y positivo a la derecha, también puede establecerse un sistema de referencia desde el cual se considere negativo el desplazamiento hacia la derecha y positivo hacia la izquierda, pero ello es menos convencional.

CONCEPTOS CLAVE

Magnitud escalar: una magnitud escalar es aquella que queda completamente definida a través de un número llamado módulo; por ejemplo, la masa, la temperatura y el tiempo (entre otras) corresponden a magnitudes escalares.

Magnitud vectorial: una magnitud vectorial, además de un módulo requiere de una dirección y sentido; son ejemplos de magnitudes vectoriales: la fuerza, la velocidad, la aceleración, entre muchas otras.

EJEMPLO RESUELTO 1

Diferenciando la trayectoria y el desplazamiento

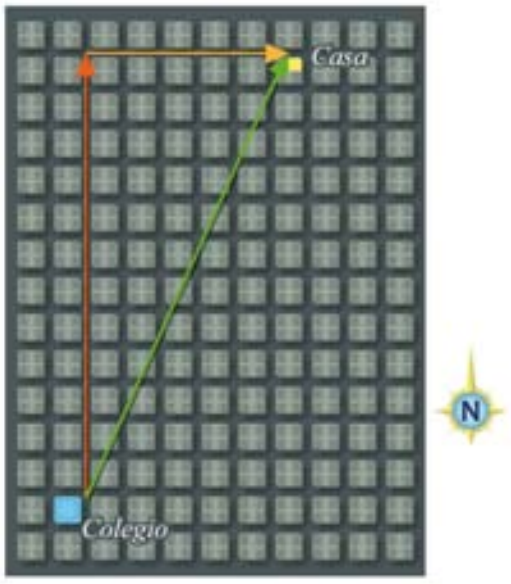
Pedro, para trasladarse desde el colegio a su casa, realiza el siguiente recorrido: en su bicicleta viaja 12 cuadras al norte y luego 5 cuadras al este. ¿Cuánto mide el camino recorrido y el desplazamiento realizado por Pedro?

Como ahora sabes, el camino recorrido corresponde al perímetro de la trayectoria, que en este caso es la suma de todas las cuadras que recorrió Pedro.

d = 12 cuadras + 5 cuadras
d = 17 cuadras

El desplazamiento, por otra parte, es la distancia recta que existe entre la posición inicial y la final de Pedro.
Esto corresponde a la hipotenusa del triángulo rectángulo.

$$\Delta x = \sqrt{(12)^2 + (5)^2}$$
$$\Delta x = \sqrt{144 + 25}$$
$$\Delta x = \sqrt{196}$$
$$\Delta x = 13 \text{ cuadras}$$

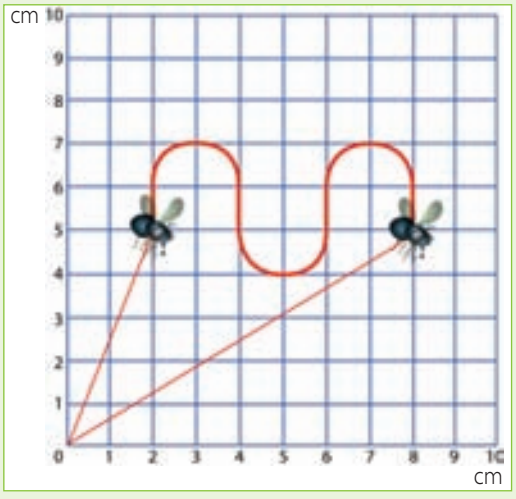


PARA TRABAJAR

El vuelo de una mosca

Observa atentamente el gráfico que representa el vuelo de una mosca entre dos instantes y realiza los siguientes pasos:

1. Determina la posición inicial y final de la mosca en el plano cartesiano respecto del punto (0, 0).
2. Representa el desplazamiento como una flecha que vaya desde el punto inicial hasta el punto final, y determina su valor numérico.
3. Determina un valor aproximado para la longitud de la trayectoria del vuelo de la mosca.
   a. ¿Cómo clasificarías la trayectoria de la mosca?
   b. ¿Qué dificultad se te presentaría al tratar de determinar la longitud de la trayectoria en el vuelo real de una mosca?



2. Rapidez y velocidad en movimientos rectilíneos

Describir-deducir

Actividad 3

Descubriendo la rapidez y velocidad

Reúnanse en grupos de dos o tres integrantes y consigan una cinta métrica y un cronómetro.

1. A lo largo de la sala, y en una línea recta, realicen tres marcas en el piso, espaciadas un metro entre sí. Rotulen dichas marcas con las letras A, B y C, respectivamente.
2. Un alumno o alumna debe caminar en línea recta desde el punto A hasta el punto C, pero a través del siguiente trayecto: ir de A hasta C, luego debe regresar a B y finalmente ir de B a C. Mientras se realiza el recorrido, otro integrante del grupo mide el tiempo, utilizando el cronómetro.
   a. ¿Cuál fue la distancia recorrida?, ¿cuál el desplazamiento?
   b. Determinen el valor obtenido al dividir la distancia recorrida por el tiempo medido.
   c. Determinen el valor obtenido al dividir el desplazamiento por el tiempo.
   d. ¿Hay diferencia entre estos valores?

2.1 Rapidez media

En la actividad anterior, la distancia recorrida está representada por la longitud de la trayectoria. Al valor de la razón entre distancia recorrida (Δd) y tiempo empleado en recorrerla (Δt) lo llamaremos rapidez media (v) y lo representaremos a través de la siguiente expresión:

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

Esta definición es válida para cualquier tipo de movimiento curvo o rectilíneo. En el Sistema Internacional de Unidades (SI) la rapidez se expresa en m/s. Sin embargo, es frecuente expresar la rapidez en km/h. Si un móvil se mueve con una rapidez de 100 km/h, ¿cuál es su rapidez expresada en m/s?

Si un automóvil recorre una distancia de 200 km en 4 horas, su rapidez media es de 50 km/h. ¿Significa esto que el automovilista condujo durante 4 horas a 50 km/h? No necesariamente. Por ejemplo, es posible que haya ido en algunos tramos a 100 km/h y en otros a 20 km/h, e incluso el conductor pudo haberse detenido para descansar o comer. El concepto de **rapidez instantánea** corresponde al valor de la rapidez en cualquier instante. Una buena aproximación de dicho valor la entrega el velocímetro de los automóviles o microbuses.

El velocímetro de un auto indica con buena aproximación la rapidez instantánea de este.

CONEXIÓN CON... BIOLOGÍA

En la naturaleza existen muchos ejemplos de animales que dependen de su rapidez para cazar a sus presas. Uno de ellos es el guepardo; este es el animal terrestre más rápido en distancias de menos de 500 m, y es capaz de alcanzar una rapidez máxima de 120 km/h.

2.2 Velocidad media

En la actividad 3, el desplazamiento está representado por la medición hecha con la cinta métrica entre el punto de partida y el punto de llegada. Si en esta actividad consideramos la razón entre el desplazamiento del cuerpo y el tiempo empleado, tendremos el valor de la velocidad media (v_m). Esta magnitud indica el cambio de posición del cuerpo en el tiempo. Si analizamos los valores obtenidos en la actividad 3 para rapidez media y **velocidad media** del cuerpo en el movimiento, vemos que estos fueron diferentes. ¿Qué otra diferencia hay entre rapidez y velocidad?

Para expresar la rapidez de un móvil, basta con indicar la magnitud o valor numérico (magnitud escalar). Sin embargo, esta información que entrega no es muy precisa. Por ejemplo, si estamos en una plaza de la ciudad y vemos un automóvil que se mueve a 60 kilómetros por hora, no sabríamos decir cuál será su posición al cabo de una hora. Para estimar su posición futura debemos conocer además el sentido y dirección del movimiento. La magnitud que indica el módulo, la dirección y sentido de un móvil es la **velocidad** que, por incluir esta información, se denomina magnitud vectorial. Si consideramos solo movimientos que se producen en una recta (coincidente con el eje X), se puede indicar (por convención) el sentido mediante signos: positivo (para cuerpos que se mueven hacia la derecha del sistema de referencia) o negativo (para cuerpos que se mueven hacia la izquierda). La velocidad media se expresa como el cociente entre el desplazamiento $\Delta x = x_f - x_i$ (donde x_f es la posición final y x_i es la posición inicial) y el tiempo transcurrido (Δt):

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

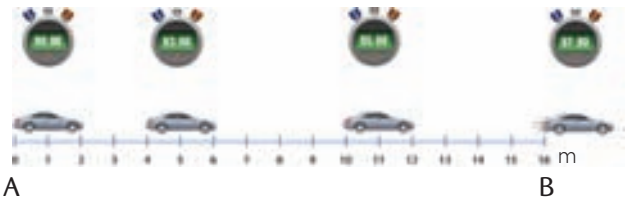
Las unidades en las que se expresa la velocidad son las mismas que las señaladas para la rapidez.

COMPARAR-INFERIR

Actividad 4

ITINERARIO DE UN MÓVIL

La siguiente figura muestra un automóvil en distintos instantes a lo largo de un camino recto; el tiempo que tarda dicho movimiento es medido en segundos por un cronómetro. Obsérvala con atención y responde las preguntas.



a. ¿Cuánto es la rapidez media del auto entre los 0 s y 3 s?
b. ¿Cuánto es la rapidez media del auto entre 3 s y 5 s?
c. Determina la rapidez media del auto entre los puntos A y B.
d. ¿Cómo explicas las diferencias entre los resultados?

SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:

Algunas de las magnitudes que permiten analizar el movimiento de un cuerpo son

- _____: que indica el cambio de posición.
  - El cociente entre esta y el tiempo corresponde a: _____
    - Es una magnitud de tipo: _____
- _____: que indica el camino recorrido.
  - El cociente entre esta y el tiempo corresponde a: _____
    - Es una magnitud de tipo: _____

EVALUACIÓN DE PROCESO

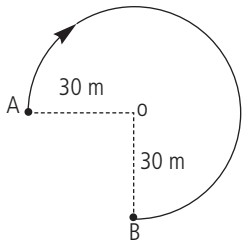
1. El esquema muestra la posición de una hormiga en diferentes instantes durante su recorrido por una rama recta. El recorrido comienza en **A** y avanza hasta **B,** donde gira y regresa hasta **C.** Allí vuelve a girar para detenerse en **D.**

a. ¿Cuál es el desplazamiento de la hormiga?

b. ¿Cuál es la distancia recorrida por la hormiga durante todo el trayecto?

2. Un atleta corre 3/4 de una pista circular, demorando 4 minutos en ir de A hasta B.

¿Cuál fue la rapidez y la velocidad media del atleta expresada en m/s? (Considera $\pi = 3{,}14$)



3. ¿En qué tipo de trayectoria el desplazamiento entre dos puntos puede ser igual a cero?

Indagación: Movimiento acelerado

¿Cómo cambia la rapidez de un cuerpo que se mueve bajando por un plano inclinado?

Cuando te subes a un bus y miras el velocímetro (indicador de velocidad), hay ciertos períodos de tiempo en que este puede indicar la misma rapidez; pero ¿crees que es posible que un bus mantenga durante un viaje largo en una ciudad una rapidez constante? Formen grupos de dos o tres integrantes y discutan respecto de esta pregunta.

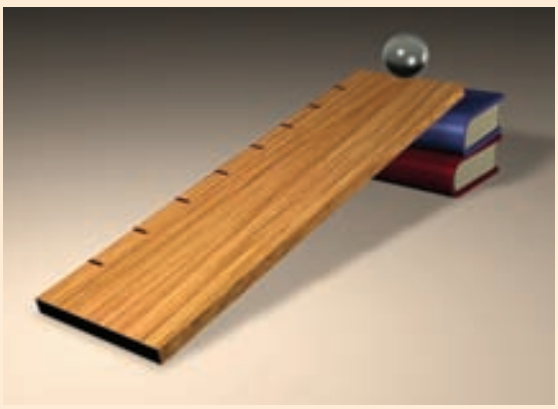
Elaboren una posible respuesta a la pregunta planteada inicialmente.

Para estudiar cómo es la velocidad media en un cuerpo, efectúen el siguiente procedimiento:

Materiales:

- Un tablón de madera de 1 m de largo.
- Un par de libros para usarlos de apoyo.
- Una bolita.
- Un cronómetro (la mayoría de los celulares tienen un cronómetro incorporado).
- Una regla o cinta métrica.

1. Apoyen un extremo del tablón sobre el suelo y el otro sobre dos cuadernos o libros, de modo que el tablón quede ligeramente inclinado (ver figura). Prueben con distinto número de cuadernos, de modo que obtengan un tiempo de caída fácil de medir.



2. Con la ayuda de la cinta métrica, hagan ocho marcas equidistantes sobre el tablón y numérenlas correlativamente del 1 al 8, partiendo desde aquella más próxima al extremo más alto del tablón.

3. Suelten la bolita desde el punto 1 y midan el tiempo que emplea en llegar al punto 2. Registren este valor.

4. Repitan el paso anterior, soltando la bolita siempre desde el punto 1 y midiendo el tiempo empleado en llegar a todos los demás puntos (1- 2, 1-3..., 1-8). Registren cada vez los valores de tiempo medidos.

5. Copien y completen en sus cuadernos una tabla como la siguiente:

Tramo	Distancia recorrida (cm)	Tiempo empleado	Rapidez media (cm/s)
1 - 2			
1 - 3			
1 - 4			
1 - 5			
1 - 6			
1 - 7			
1 - 8			

copia en tu cuaderno

6. Con relación a los datos obtenidos, respondan:

   a. ¿Qué variables se mantienen constantes en la actividad y cuáles son modificadas?

   b. ¿Cómo son la longitud de la trayectoria y el desplazamiento en este movimiento?

   c. ¿Qué ocurre con la rapidez media en los distintos tramos recorridos? Intenten dar una explicación a esto.

   d. ¿La rapidez del movimiento de la bolita cambia o se mantiene constante? Expliquen.

   e. ¿Fue posible medir con exactitud cada una de las distancias y los tiempos en la actividad? Al respecto, ¿qué pueden concluir acerca de los errores en las mediciones?

   f. ¿Verificaron la respuesta que propusieron a la pregunta inicial?

   g. La actividad que acaban de realizar, ¿es evidencia suficiente para afirmar que cambia la velocidad de todos los cuerpos que se mueven?

3. Aceleración en movimientos rectilíneos

¿QUÉ SUCEDERÍA SI...?

Imagina que una nave espacial aumenta paulatinamente su velocidad, es decir, acelera positivamente. ¿Crees que sería posible que su velocidad aumentase indefinidamente?, ¿sería posible alcanzar una velocidad infinita?; ¿crees que existe una velocidad límite?, y de ser así, ¿cuál crees que es dicha velocidad límite?

En la actividad anterior, comprobamos cómo la velocidad media de la bolita iba cambiando en cada uno de los tramos. Este cambio de velocidad de los cuerpos se llama aceleración y habitualmente nosotros la experimentamos en nuestro diario vivir, cuando nos desplazamos al caminar, al ir dentro de un auto, al subir en un ascensor, etc.

Comúnmente, la aceleración se asocia al aumento de la rapidez, pero, en Física, la aceleración involucra cualquier **cambio de velocidad** ocurrido durante un cierto tiempo.

Cuando un cuerpo en movimiento aumenta o disminuye su velocidad (rapidez) en la misma cantidad cada segundo, entonces se dice que su **aceleración es constante**. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, cuando dejamos caer un objeto desde cierta altura o si lo lanzamos hacia arriba.

En la mayor parte de los movimientos cotidianos, como el movimiento de los seres vivos, los automóviles que circulan por las calles o la caída de una hoja, la aceleración no es uniforme, sino que varía a medida que transcurre el tiempo. Sin embargo, el concepto de **aceleración media** (a_m) nos permite conocer el cambio que experimentó la velocidad durante todo el proceso.

Operacionalmente, la aceleración media se obtiene como la variación de la velocidad $(\Delta v = v_f - v_i)$ en un intervalo de tiempo (Δt), es decir:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

INTER@CTIVIDAD

En la siguiente página encontrarás en forma de animación la idea de aceleración positiva y negativa.
http://www.educaplus.org/movi/2_6aceleracion.html

En esta expresión, v_f y v_i representan el valor de la velocidad instantánea del objeto en los instantes final t_f, e inicial t_i del intervalo de tiempo. La unidad en el SI para expresar la aceleración es el $\mathrm{m/s^2}$, que indica la cantidad de $\mathrm{m/s}$ (velocidad) que un cuerpo cambia en cada segundo.

El signo de la aceleración depende de dos cosas:

a. que la velocidad esté aumentando o disminuyendo.

b. el movimiento del cuerpo en relación al marco de referencia.

Entonces, de acuerdo con esto, ocurre que:

- si un móvil está disminuyendo su rapidez (está frenando), entonces el signo de la aceleración es contrario al de la velocidad.
- si un móvil aumenta su rapidez, la aceleración tiene el mismo signo que la velocidad.

INFERIR-ANALIZAR

Actividad 5

¿CÓMO DETECTAR SI UN MÓVIL ESTÁ ACELERANDO?

Cuando nos subimos a un bus o automóvil, muchas veces sentimos los efectos del cambio de velocidad en nuestro propio cuerpo, pero dicha percepción es subjetiva. En esta actividad construiremos un instrumento que nos permita medir el cambio de velocidad de un móvil, de forma objetiva. (A este instrumento lo denominaremos acelerómetro).

Formen grupos de tres o cuatro integrantes y reúnan los siguientes materiales: un trozo de manguera transparente de unos 40 cm de largo, un trozo de madera de 30 cm de largo y 15 cm de ancho, marcador permanente, cuatro grapas, tornillos o clavos pequeños, una botella con agua.

1. Sobre el trozo de madera doblen la manguera en forma de "U" y fíjenla con las grapas como aparece en la figura.
2. Una vez fijada la manguera y en la posición de la figura, agreguen agua hasta que se alcance el nivel indicado.
3. Con el marcador, indiquen el punto donde el nivel de agua esté equilibrado.
4. Sosteniendo el acelerómetro y manteniendo el nivel de agua equilibrado, súbanse a cualquier medio de transporte, ya sea una bicicleta, un auto, una micro, etc.

5. Observen lo que ocurre con el nivel de agua al haber cambios en la velocidad del móvil.

Análisis

a. ¿Qué ocurrió con el nivel de agua al aumentar la velocidad del móvil?

b. ¿Qué se observó en el nivel de agua cuando el móvil disminuía su velocidad?

c. ¿Cómo explicarían el funcionamiento del acelerómetro? ¿Podría servir para medir aceleraciones verticales?

d. ¿Podrían graduar el acelerómetro de modo que el nivel con que sube o baja el agua indique una aceleración en particular?, y de ser así, ¿cómo lo graduarían?

CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD

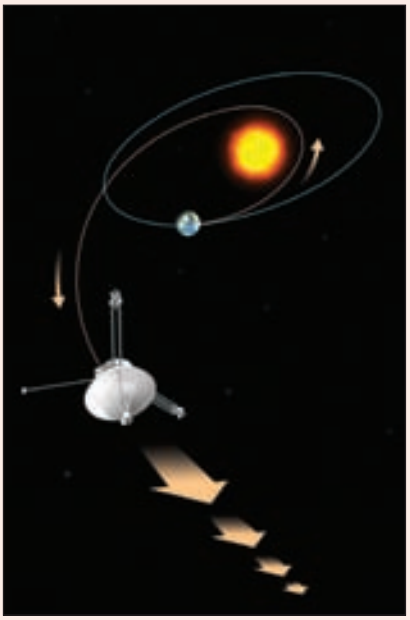
Anomalía afecta a sondas *Pioneer*

En la década de los setenta fueron enviadas dos sondas al espacio: la *Pioneer 10* y la *Pioneer 11*, cuya principal misión era enviar información directa de los planetas más lejanos de nuestro Sistema Solar.

Estas sondas son hoy los objetos que la humanidad ha enviado a mayor distancia de la Tierra, estimándose que han llegado a más de 13 mil millones de kilómetros, con una velocidad relativa al Sol de 12,24 km/s.

Pese a la gran información que suministraron estas sondas, tenían reservadas otras sorpresas para la comunidad científica, mucho más intrigantes y posiblemente de carácter fundamental.

Científicos de la NASA han descubierto una trayectoria anómala en estas sondas espaciales. El estudio de su movimiento por parte de los astrofísicos reveló una desviación de su trayectoria esperada, llamada efecto Pioneer. La desviación consiste en una aceleración negativa en dirección directa hacia el Sol o desaceleración. El origen de esta anomalía es desconocida y es un enigma para los científicos. Sin embargo, hay varias teorías que intentan explicar la desaceleración: entre las causas postuladas están los fenómenos de viento solar, la fricción con el plasma interplanetario dentro del sistema solar, el retroceso térmico debido al calor generado por las pilas atómicas de las sondas, la materia oscura en la galaxia (un misterio de la ciencia) o manifestaciones de una "nueva física".



Fuente: Archivo Editorial.

Respecto a la lectura responde las siguientes preguntas:

a. ¿Cuál crees que es la importancia de investigar objetos tan alejados de nuestro planeta, como planetas distantes o estrellas de otras constelaciones?

b. ¿Crees que es justificado el enorme gasto en dinero asociado a estas investigaciones en la astronomía?

c. ¿Cuán importante es para la ciencia que existan todavía interrogantes como la desaceleración de las sondas *Pionner*?

d. Plantea una explicación para los fenómenos que afectan a las sondas.

EJEMPLO RESUELTO 2

Determinando la aceleración de un móvil

Una moto que parte del reposo hacia el sur alcanza una rapidez de 30 $\mathrm{m/s}$, al cabo de 5 s. ¿Cuál es su aceleración media?

La aceleración la podemos obtener a partir de la relación:

$$a_m = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$

La rapidez inicial es 0 m/s, ya que parte del reposo, y la final, a los 5 s, es de 30 $\mathrm{m/s}$.

Remplazando los valores en la ecuación, resulta:

$$a_m = \frac{30\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{5\ \mathrm{s}} = 6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Esta expresión indica que la moto aumenta su rapidez en 6 m/s cada segundo. Con relación a los signos, tanto la rapidez como la aceleración tienen signo positivo, lo que nos indica que el movimiento aumenta su rapidez.

Actividad 6

INTERPRETAR

ITINERARIO DE UN MÓVIL

En la siguiente tabla se muestra la velocidad de una bicicleta en diferentes instantes :

Tiempo (s)	Rapidez instantánea (m/s)
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8
5	8
6	8
7	8
8	6
9	4
10	2

1. Realiza un gráfico rapidez vs. tiempo
2. Responde las siguientes preguntas respecto del gráfico

   a. ¿Cambia la velocidad de la bicicleta en el tiempo?

   b. ¿La aceleración es siempre la misma?

   c. ¿En qué intervalo de tiempo la aceleración es positiva?

   d. ¿Entre qué valores del tiempo no hay aceleración?

   e. ¿En qué intervalo de tiempo la aceleración es negativa?

   f. Si en el tramo final la bicicleta mantuviera su aceleración, ¿en qué instante la velocidad de la bicicleta será nuevamente igual a cero?

Conceptos clave

Cinemática: es la parte de la mecánica que estudia las leyes del movimiento de los cuerpos, sin considerar las causas que lo originan.

4. Tipos de movimientos rectilíneos

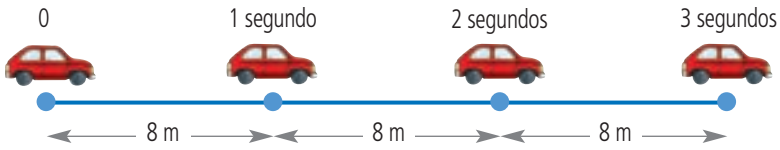
En la actividad anterior se representó gráficamente el movimiento de un cuerpo. En cinemática es común usar gráficos, pues ayudan a entender y describir la variación en el movimiento de los cuerpos a lo largo del tiempo.

Los gráficos más usados en cinemática son tres: **posición vs. tiempo, velocidad vs. tiempo y aceleración vs. tiempo.**

El movimiento de un cuerpo en una trayectoria rectilínea puede desarrollarse de diversas maneras. Si el cuerpo se mueve con velocidad constante se denomina **movimiento uniforme rectilíneo**, mientras que si mantiene aceleración constante se llama **movimiento uniformemente acelerado.**

4.1 Movimientos con velocidad constante

Cuando un cuerpo se mueve de tal modo que su velocidad permanece constante o invariante en el tiempo, se dice que describe un **movimiento uniforme rectilíneo**, que se abrevia **MUR.** Esto significa que el cuerpo recorre distancias iguales en intervalos de tiempo iguales (rapidez constante) y sigue una trayectoria recta (sin variar su sentido ni dirección). ¿Cómo será la aceleración en este tipo de movimiento?



El automóvil recorre distancias iguales de 8 m en tiempos iguales de un segundo. Por lo que podemos afirmar que, en dicho tramo, el auto tiene una velocidad constante de 8 m/s. ¿Cuál es la aceleración en dicho tramo?

Interpretar

Actividad 7

Observando movimientos

A partir de cada una de las siguientes situaciones, confecciona un gráfico en papel milimetrado. En el eje horizontal (X), ubica la variable tiempo y en el eje vertical (Y), la posición del móvil con los datos que representan cada situación. Recuerda que cada gráfico debe presentar un título y que deben ir señaladas, en los ejes, las magnitudes físicas y sus unidades correspondientes.

1. Una persona permanece en reposo durante 4 s a 10 m del origen.
2. Un automóvil que parte del origen (x = 0), se mueve en línea recta con una velocidad constante en la dirección positiva del eje X durante 4 s. Los puntos siguientes corresponden a los datos experimentales obtenidos: (0 s, 0 m); (1 s, 5 m); (2 s, 10 m); (3 s, 15 m); (4 s, 20 m).

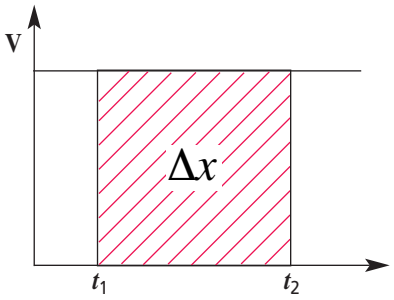
4.2 ¿Cómo determinamos la distancia recorrida en un MUR?

Si conocemos la velocidad y el tiempo empleado del movimiento uniforme rectilíneo de un cuerpo, podemos determinar la distancia recorrida, que, en este caso, corresponde al desplazamiento. Transformando la relación:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \Delta x = v \cdot \Delta t$$

El mismo valor se obtiene si se calcula el área bajo la curva del gráfico de velocidad versus tiempo obtenido.

GRÁFICO 1



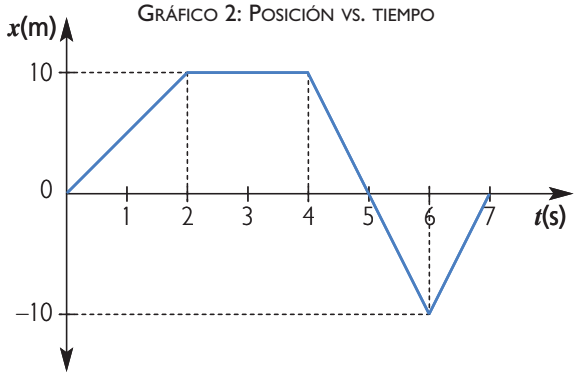
En un gráfico de velocidad vs. tiempo, el área bajo la curva representa el camino recorrido del móvil.

EJEMPLO RESUELTO 3

Analizando gráficos

Supongamos que un cuerpo que se mueve en línea recta tiene el siguiente gráfico itinerario:

GRÁFICO 2: POSICIÓN VS. TIEMPO



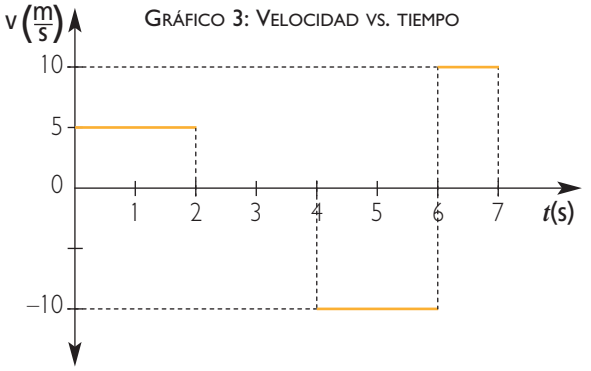
¿Cuál sería el gráfico de "velocidad vs. tiempo" asociado al gráfico 2?

1. Para construir el gráfico v vs. t, es necesario analizar el gráfico de itinerario por intervalos de tiempo en que la recta x vs. t tenga una pendiente constante (que indica una velocidad constante).

2. En el gráfico 2 de itinerario, podemos distinguir los intervalos de tiempo (0 s, 2 s); (2 s, 4 s); (4 s, 6 s) y (6 s, 7 s), y los respectivos valores para la velocidad media del móvil, que se ven en la siguiente tabla:

Intervalo de tiempo Δt (s)	Velocidad media (m/s)
0 - 2	+5
2 - 4	0
4 - 6	-10
6 - 7	+10

GRÁFICO 3: VELOCIDAD VS. TIEMPO



3. A partir de la tabla anterior, podemos construir el gráfico de velocidad vs. tiempo:

4.3 Movimientos con aceleración constante

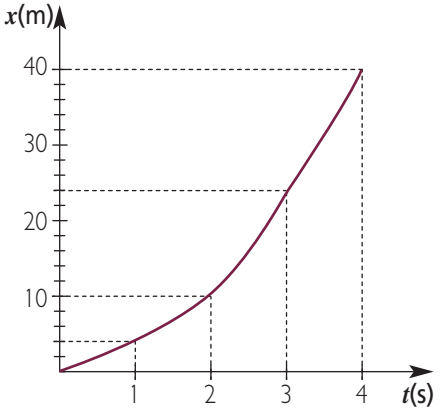
Analizar

Actividad 8

Analizando un movimiento acelerado

Un motociclista que parte del reposo desde el origen, se mueve en línea recta hacia la derecha durante 4 segundos. Al graficar su posición en función del tiempo, se obtiene el siguiente gráfico itinerario:

Gráfico 4: Posición vs. tiempo



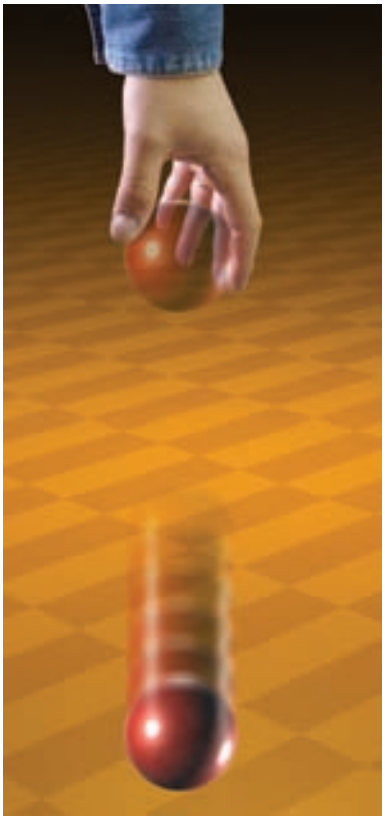
1. Analiza el gráfico y completa en tu cuaderno la siguiente tabla de valores:

Tiempo (s)					
Posición (m)					

Responde las siguientes preguntas:

a. ¿La moto recorre la misma distancia en intervalos iguales de tiempo? Explica.

b. ¿Cuándo va más rápido y cuándo va más lento?



Un movimiento con aceleración constante es la caída libre que experimentan cuerpos que caen de cierta altura.

Al analizar el gráfico de la actividad anterior puedes apreciar que la moto no recorrió la misma distancia en intervalos iguales de tiempo, esto quiere decir que su velocidad fue variando.

Cuando el movimiento que experimenta un cuerpo es una trayectoria rectilínea y su velocidad experimenta variaciones iguales en intervalos de tiempo también iguales, se dice que tiene un **movimiento rectilíneo uniformemente acelerado,** que se abrevia MUA, donde el gráfico "posición vs. tiempo", que representa el movimiento, ya no es una recta, sino una curva (como el analizado en la actividad anterior).

¿Cómo sería la curva en el caso de un cuerpo que disminuya constantemente su velocidad?

Ten presente que:

- Una de las formas que tiene la ciencia de estudiar los fenómenos, es ir de lo simple a lo complejo. Por esto, en el movimiento de los cuerpos se estudian inicialmente los rectilíneos, ya que estos son más simples de describir y analizar, pero en la realidad, dichos movimientos no existen de forma pura en la naturaleza.

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Lanzamiento vertical

Observación

Si lanzas cualquier objeto verticalmente hacia arriba, después de un instante puedes observar que este disminuye su rapidez hasta detenerse por completo en el aire, para luego comenzar a caer.

Si el objeto fue lanzado inicialmente con cierta rapidez y después se detuvo, se dice que hay una variación de su velocidad entre esos dos instantes, por lo tanto, existe una aceleración.
¿Crees qué dicha aceleración negativa que experimentan los objetos lanzados verticalmente hacia arriba es uniforme?

Plantea una posible respuesta a esta pregunta.

Procedimiento

Como la medición de los datos en un lanzamiento vertical no es algo simple, te proponemos trabajar con datos simulados. La siguiente es la tabla que reresenta el itinerario del movimiento de un cuerpo que es lanzado verticalmente hacia arriba.

t (s)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
x (m)	0	2,8	5,2	7,2	8,8	10	10,9	11,2	11,2

1. Con los datos de la tabla, construye el gráfico itinerario correspondiente.

Análisis

a. ¿Qué ocurre con la velocidad a medida que pasa el tiempo?

b. ¿Qué tipo de movimiento es el que experimentó la pelota?, ¿por qué?

c. ¿Qué crees que pasaría con la posición del cuerpo al transcurrir más tiempo?

d. ¿El análisis del gráfico comprobó o desechó la respuesta que diste al inicio de la investigación?

e. ¿Cómo crees que será el movimiento de un cuerpo, una vez que este cae?

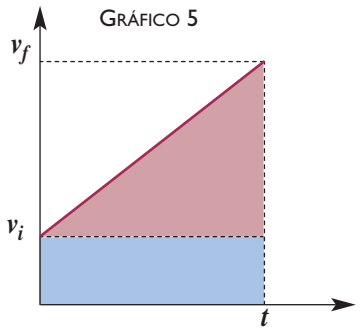
EJEMPLO RESUELTO 4

¿Cómo determinar la distancia recorrida en un MUA?

En un movimiento rectilíneo uniforme acelerado, es posible conocer la distancia recorrida a través de un método gráfico, que consiste en el cálculo del área bajo la curva en un gráfico de "velocidad vs. tiempo".

Consideremos un móvil que parte desde el origen con una rapidez v_i y que después de un cierto tiempo t ha alcanzado una rapidez v_f. Esto se representa en el gráfico:

GRÁFICO 5



1. El área total bajo la recta es la suma del área de un rectángulo de lados v_i y t y el área de un triángulo de base t y altura $(v_f - v_i)$:

$$área = v_i \cdot t + \frac{(v_f - v_i) \cdot t}{2}$$

Y la aceleración media se determina por la relación:

$$a_m = \frac{(v_f - v_i)}{t}$$

Al multiplicar por t^2 y simplificar, la relación nos quedará

$$a_m \cdot t^2 = (v_f - v_i) \cdot t$$

Luego, remplazamos parte del segundo miembro de la relación inicial por la expresión $a_m \cdot t^2$, con lo que se obtiene una expresión que relaciona el desplazamiento con la velocidad inicial, la aceleración y el tiempo, para un MUA.

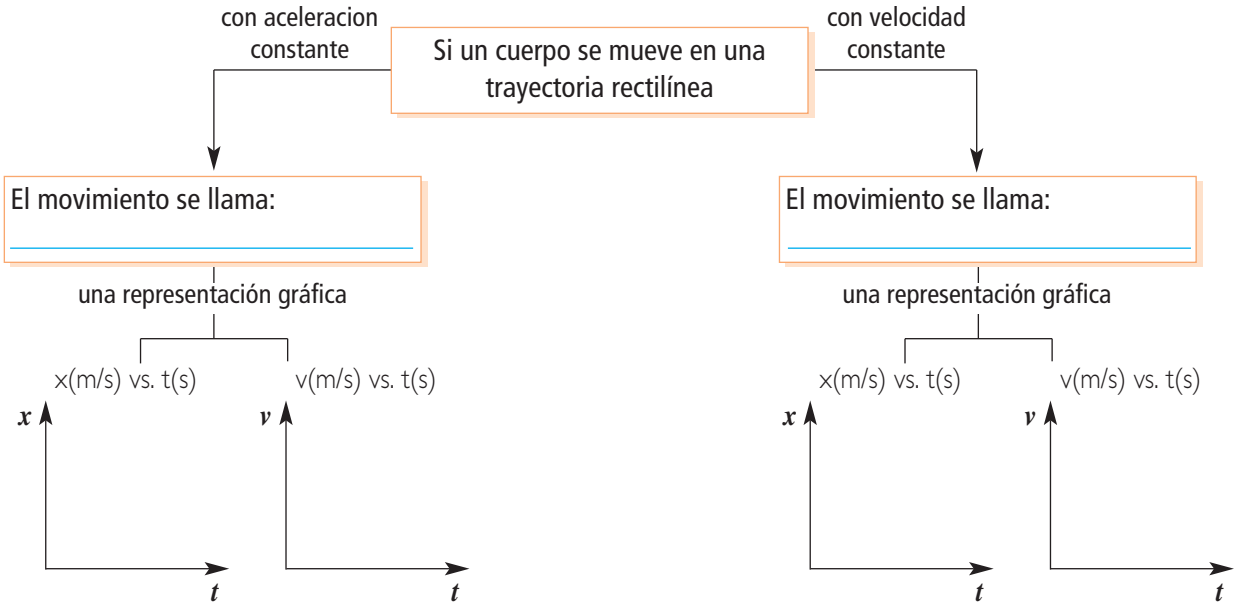
$$\text{área total} = v_i \cdot t + \frac{a_m \cdot t^2}{2} = \text{distancia recorrida}$$

CONEXIÓN CON... BIOLOGÍA

El halcón peregrino es uno de los animales más veloces que existen, en picada puede alcanzar velocidades superiores a los 300 km/h, recorriendo 1.140 m durante 16 s, esto significa que su aceleración media es cerca de 8,8 m/s^2. Al entrar en picada, el halcón peregrino disminuye la resistencia que le opone el aire plegando sus alas y maximizando la aceleración, ¿cómo crees que lo consigue?

SÍNTESIS

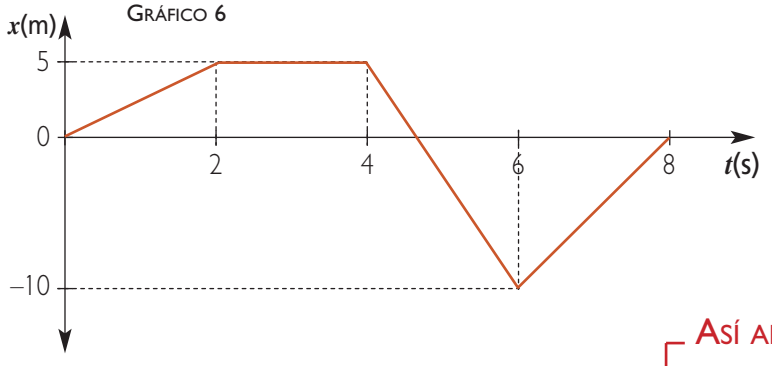
Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



EVALUACIÓN DE PROCESO

1. Para el siguiente gráfico itinerario:

GRÁFICO 6



a. Describe el movimiento realizado por el móvil.

b. Determina la velocidad del móvil en cada tramo.

ASÍ APRENDO MEJOR

Responde en tu cuaderno:

a. ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?

b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?

Indagación: Fuerza

¿Qué origina el o los cambios en el movimiento de los cuerpos?

Hasta el momento hemos descrito el movimiento de los cuerpos, en particular el MUR y el MUA. En dichos movimientos hemos observado que se producen ciertos cambios, como lo es, por ejemplo, el cambio producido en la velocidad a lo largo del tiempo. ¿Qué hace que un cuerpo se ponga en movimiento?, ¿qué produce que un cuerpo que viaja con cierta dirección de improviso la cambie? Formen grupos de tres o cuatro integrantes y discutan respecto de las preguntas que se les plantean. Formulen una hipótesis que responda la pregunta inicial.

A

Materiales:

- Un autito.
- Varios objetos (al menos tres) de distinta masa (puede ser una goma, un lápiz, un corrector, un estuche, etc.).
- Hilo o pita.
- Cronómetro.

Procedimiento 1

A continuación realicen el siguiente procedimiento:

1. Clasifiquen los objetos de menor a mayor masa y enumérenlos.
2. Amarren un extremo del hilo o pita en la parte delantera del autito y el otro extremo, al objeto Nº 1 (masa 1).
3. Pongan el autito sobre una mesa o superficie que se encuentre a cierta altura.
4. Suelten la masa de modo que el auto se ponga en movimiento (ver figura A).
5. Midan y registren el tiempo que tarda en caer.
6. Repitan el procedimiento con cada una de las masas, registrando cada vez sus observaciones.

Procedimiento 2

Ahora, realicen el siguiente procedimiento:

1. Aten un extremo del hilo alrededor del autito y el otro extremo en la pata de una mesa o silla (ver figura B).
2. Denle un impulso al autito, para que se mueva de manera que el hilo se mantenga estirado.
3. Registren sus observaciones.

B

Respondan las siguientes preguntas:

Respecto del procedimiento 1, respondan:

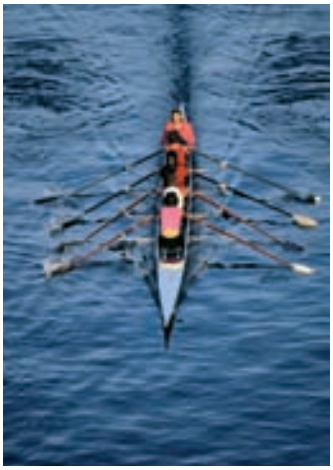
a. ¿El movimiento del auto lo clasificarías como MUR o como un MUA?
b. Al colgar distintas masas al autito, ¿cómo fue el movimiento de él con cada una de ellas? Expliquen.
c. De haber aceleración, ¿cómo crees que se podría relacionar con la masa suspendida?

Respecto del procedimiento 2, respondan:

d. ¿Cuál crees que es la razón de que el autito cambie su dirección?
e. ¿Crees que el auto aceleraba en cada uno de los casos?

Respecto de los dos procedimientos, respondan:

f. ¿La misma razón determina que el autito se ponga en movimiento o cambie su dirección?
g. ¿Verificaron la hipótesis planteada al empezar?



La fuerza de los remos actuando sobre el agua permite que la embarcación pueda moverse.

5. Las fuerzas modifican el estado de movimiento

En la indagación de las páginas anteriores pudiste inferir que debe existir un factor responsable en el cambio del estado de movimiento de los cuerpos. Este factor corresponde a fuerzas y muchos de los cambios que observamos a nuestro alrededor son el resultado de la acción de fuerzas. Por ejemplo, las fuerzas son responsables del movimiento del agua en los ríos, del desplazamiento de las nubes, de la caída de las hojas, del desplazamiento de los animales, etc. Al interior de nuestro cuerpo también actúan fuerzas, por ejemplo, para transportar la sangre por el sistema circulatorio y para mantener cada órgano en su ubicación.

También las fuerzas son responsables de que los cuerpos se mantengan quietos o en reposo. En Física, la dinámica consiste en el análisis de la relación entre las fuerzas y los cambios que ellas producen en los movimientos.

Actividad 9

Observar-describir

Observando fuerzas

A continuación te proponemos tres sencillas experiencias para las que necesitas los siguientes materiales: una pelota de goma, un elástico, un trozo de plasticina, una lata de conserva y dos imanes.

1. Trata de estirar y apretar diversos objetos, como una pelota de goma, un elástico, un trozo de plasticina.
   - ¿Qué observas?
   - ¿Qué efectos producen dichas fuerzas sobre los objetos?
2. Desliza una lata de conserva en posición vertical a lo largo de una mesa. Luego, deslízala haciéndola rodar. Trata de emplear la misma fuerza que en el caso anterior.
   - ¿En qué caso es más fácil mover la lata?
   - ¿Qué cuerpos ejercen fuerza sobre el tarro durante su movimiento? Analízalo para cada caso.
3. Coloca un imán sobre una superficie lisa y aproxima a él otro imán, ¿qué ocurre? Gira uno de ellos de modo de acercar ahora el otro polo, ¿qué sucede ahora? Explica tus observaciones.

Ten presente que:

- Actualmente, las fuerzas o interacciones se clasifican en cuatro grupos: las interacciones nucleares fuertes son responsables de la estabilidad del núcleo atómico; las interacciones nucleares débiles, responsables de ciertos procesos radiactivos; las interacciones electromagnéticas, de unir átomos y moléculas para formar la materia; y las interacciones gravitacionales, que son responsables de la atracción gravitacional entre planetas, estrellas y galaxias.

5.1 ¿Qué es una fuerza?

RELACIONAR

Actividad 10

RELACIONANDO FENÓMENOS

Basándose en las conclusiones obtenidas en la "Indagación inicial", en la actividad realizada en la página anterior y en la información entregada en el "Ten presente que":

1. Reúnete con un compañero o compañera y discutan respecto de la siguiente pregunta: ¿qué es una fuerza?
2. Planteen una respuesta y escríbanla en sus cuadernos.
3. Contrasten sus respuestas con la definición que te proponemos a continuación, teniendo presente que, en ciencias, las definiciones no son únicas ni tampoco estáticas, ya que existe más de una manera y diferentes criterios para definir un fenómeno.

Una fuerza es la modelación de una interacción entre cuerpos. Por ejemplo, al empujar o levantar un objeto, se está ejerciendo una fuerza sobre él; la locomotora de un tren ejerce una fuerza sobre los vagones para arrastrarlos; un chorro de agua ejerce una fuerza para hacer funcionar una turbina; etc. Cuando la acción recíproca entre los cuerpos termina, también deja de actuar la fuerza. Por lo tanto, la fuerza no es una propiedad de los cuerpos ni está en ellos, sino que los cuerpos tienen la **capacidad para ejercer fuerzas** al interactuar con otros cuerpos. La unidad de medida de la fuerza en el Sistema Internacional es el newton (**N**).

5.2 Efectos de una fuerza y fuerza neta

Cuando una fuerza actúa sobre un objeto puede producir distintos efectos: el movimiento acelerado de un cuerpo, como la fuerza del motor de un vehículo para moverlo desde el reposo y aumentar su velocidad; la deformación temporal de sólidos elásticos, como al apretar un globo o un resorte, o la deformación definitiva de un cuerpo, como al modelar un trozo de greda o de plasticina.

Las fuerzas no solo cambian el estado de movimiento de un cuerpo, sino que también pueden producirle deformaciones.

Sobre los cuerpos en la naturaleza están actuando muchas fuerzas simultáneamente. La suma de todas las fuerzas que se ejercen sobre un cuerpo recibe el nombre de **fuerza neta** o **fuerza resultante**, y corresponde a una única fuerza equivalente a todas las demás.

5.3 Equilibrio entre fuerzas

OBSERVAR-DESCRIBIR- INFERIR

Actividad 11

OBSERVANDO EL EQUILIBRIO ENTRE FUERZAS

Para esta actividad solo necesitas observar atentamente tu entorno.

Pon sobre la mesa cualquier objeto que tengas a mano.

Responde:

a. ¿Qué fuerzas están actuando sobre el cuerpo que observas?

b. ¿Por qué si hay fuerzas actuando sobre él no producen ningún cambio en el cuerpo?

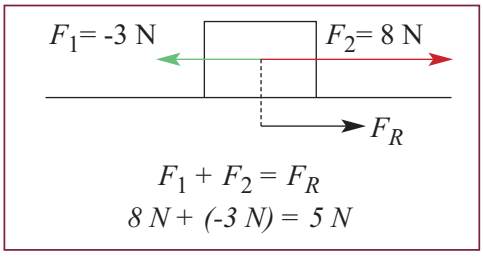
c. Menciona todas las fuerzas que puedas distinguir en tu sala de clases que no producen ningún cambio sobre los cuerpos en los que actúan.

Al encontrarse la lámpara en equilibrio, no se pueden observar los efectos de una fuerza en particular actuando sobre ella.

Todos los cuerpos están constantemente sometidos a los efectos de las fuerzas. Por ejemplo, aunque no lo percibas, la fuerza de gravedad está actuando en todo instante sobre tu cuerpo y sobre todo lo que está a tu alrededor. Sin embargo, a veces es difícil identificar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, porque sus efectos no son tan evidentes.

En ocasiones, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se contrarrestan entre sí, dando la impresión de no estar presentes. En estos casos, se dice que las fuerzas se equilibran mutuamente y el cuerpo se encuentra en **equilibrio traslacional.** Para que se pierda este equilibrio, basta con que una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo sea mayor o que actúe una fuerza externa al sistema.

Las **fuerzas son magnitudes vectoriales**, al igual que el desplazamiento, la velocidad y la aceleración. Por esto, todas las fuerzas aplicadas sobre un cuerpo se pueden representar mediante un vector cuyo signo depende del sentido en que se aplica la fuerza, según determine el sistema de referencia escogido. Cuando dos o más fuerzas tienen la misma dirección, pueden ser sumadas algebraicamente para obtener la fuerza resultante (F_R) que actúa sobre el cuerpo. El signo de la fuerza resultante indica el sentido en que actúa. Por ejemplo, un cuerpo sometido a la acción de dos fuerzas con distinto sentido:



¿QUÉ SUCEDERÍA SI...?

La Tierra se mueve en una trayectoria elíptica alrededor del Sol, debido a la acción de la fuerza gravitacional. ¿Qué sucedería si dicha fuerza dejara de existir?, ¿cómo sería el movimiento de la Tierra?

5.4 Primera ley de Newton: principio de inercia

Actividad 12

INFERIR

MASA E INERCIA

1. Reúnete con un compañero o compañera y consigan dos vasos plásticos, dos metros de hilo y un poco de arena. Cuelga cada vaso plástico de aproximadamente un metro de hilo. Llena uno de los vasos con arena y deja el otro vacío. Empuja simultáneamente ambos vasos con tu mano, tratando de aplicar la misma fuerza sobre ellos.
   - ¿Qué vaso tiene mayor masa?
   - ¿Cuál de los vasos se movió con mayor facilidad?

En la actividad anterior, observaste que el vaso que contenía arena oponía mayor resistencia a moverse que el que se encontraba vacío. Esta tendencia que tienen los cuerpos a mantener su estado de reposo o movimiento en que se encuentran se llama inercia. Esta propiedad fue descrita por el físico italiano **Galileo Galilei** (1564-1642). Él observó que un cuerpo se detenía después de haber sido impulsado y atribuyó este efecto a la fuerza de roce que existe entre el objeto y la superficie por la cual se desplaza. Galilei infirió también que si fuera posible eliminar totalmente el roce, el objeto continuaría moviéndose en forma indefinida, sin ser necesario mantener la fuerza inicial.

El inglés **Isaac Newton** (1642-1727) se basó en los trabajos de Galilei para establecer la llamada **primera ley de Newton** o **principio de inercia,** que dice que todo objeto en reposo $(v = 0)$, o con movimiento rectilíneo uniforme (v = constante), mantiene ese estado a menos que se produzca un desequilibrio entre las fuerzas que actúan sobre él ($F_n \neq 0$).

La primera ley de Newton o principio de inercia afirma que **todos los cuerpos permanecen en su estado de reposo o de movimiento uniforme rectilíneo, a menos que actúe sobre ellos una fuerza neta que cambie ese estado.**

La **masa** de un cuerpo, físicamente, es una medida de su inercia, es decir la **oposición que presenta a ser acelerado linealmente.** Por ello se dice que los cuerpos con mayor masa tienen más inercia que los cuerpos de menor masa. Esta es la razón por la que, en estricto rigor, la masa de un cuerpo se denomina **masa inercial.**

Ten presente que:

- Pese a que habitualmente se les llama leyes o principios de Newton, en ciencias y especialmente en Física, ley y principio no son lo mismo: un principio se postula de forma axiomática y una ley se deduce de una serie de principios o de forma experimental.

Para una fuerza determinada, la aceleración producida depende de la masa sobre la cual actúa.

5.5 Segunda ley de Newton: principio de masa

Al mirar un partido de fútbol, vemos que cuando la pelota está en movimiento cambia constantemente su velocidad (rapidez, dirección o sentido) al ser golpeada por los jugadores. Así como la pelota de fútbol, la mayoría de los objetos que vemos moverse están continuamente cambiando su velocidad, es decir, experimentando aceleración.

La segunda ley de Newton es una de las leyes más importantes de la Física. Esta ley relaciona la aceleración experimentada por un cuerpo con la fuerza neta que actúa sobre él y con su masa. Isaac Newton planteó que la aceleración que adquiere un cuerpo no solo depende de las fuerzas que actúan sobre él, sino también de su masa. Él formuló una **segunda ley o principio de masa, que establece lo siguiente: la aceleración que experimenta un cuerpo es proporcional a la fuerza neta aplicada, e inversamente proporcional a su masa inercial,** lo que puede escribirse de la siguiente forma:

$$a = \frac{F_n}{m}$$

De esta relación se deduce la expresión que resume la segunda ley de Newton:

$$F_n = m \cdot a$$

La aceleración del cuerpo tiene igual dirección y sentido que la fuerza neta. Como la masa se expresa en kg y la aceleración en $\mathrm{m/s^2}$, la fuerza neta queda expresada en $\mathrm{kg \cdot m/s^2}$. Esta unidad se llama **newton (N)**. Es decir, $\mathrm{1N = 1kg \cdot m/s^2}$. Físicamente, un newton es la fuerza necesaria para que un cuerpo de masa un kilogramo cambie su velocidad en 1 m/s cada segundo.

Según la segunda ley de Newton, si una misma fuerza neta (distinta de cero) se aplica sobre dos cuerpos de distinta masa, adquiere menor aceleración el que tiene más masa, debido a que mayor es la "dificultad" para moverlo y para modificar su velocidad (su inercia es mayor). También nos dice esta ley que si la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es mayor, la aceleración que experimenta también será mayor.

INTER@CTIVIDAD

En la siguiente página encontrarás un laboratorio simulado, en donde se verifica el segundo principio de Newton. Observa el gráfico del movimiento y asócialo con los gráficos estudiados en el MUA.
http://www.walter-fendt.de/ph14s/n2law_s.htm

5.6 Tercera ley de Newton: principio de acción y reacción

DESCRIBIR- IDENTIFICAR

Actividad 13

OBSERVANDO FUERZAS QUE ACTÚAN DE A PARES

Considera las siguientes situaciones y, luego, responde las preguntas:

1. Un corredor se desplaza por una pista con una velocidad constante de 15 km/h.
2. Una persona empuja una mesa al interior de una casa.

a. ¿Cuáles son las fuerzas que actúan en cada uno de los casos?

b. ¿Existen fuerzas que se opongan entre sí?

c. ¿Siempre una fuerza debe actuar sobre un cuerpo para que esta exista?

De la actividad anterior podemos deducir que, en general, las fuerzas no se presentan solas, sino que forman un sistema de **pares de fuerzas** que actúan simultáneamente. Por ejemplo, al patear una pelota, el pie ejerce una fuerza sobre la pelota, pero, al mismo tiempo, puede sentirse una fuerza en dirección contraria ejercida por la pelota sobre el pie. Siempre la **acción** de una fuerza va acompañada de otra fuerza, la **reacción**, formando un par de fuerzas llamadas acción y reacción. Es importante señalar que, como la fuerza de acción se ejerce sobre un cuerpo y la de reacción sobre otro, dichas fuerzas no se equilibran.

Todo lo anterior es resumido en **la tercera ley de Newton o principio de acción y reacción:** siempre que un objeto ejerce una fuerza (acción) sobre otro, el segundo objeto ejerce sobre el primero una fuerza (reacción) de igual módulo, en la misma dirección, pero de sentido contrario. Lo anterior se puede expresar de la siguiente manera:

$$F_1 = -F_2$$

Un sistema donde se puede apreciar claramente este principio son los cohetes. Un cohete ejerce una fuerza sobre los gases que expulsa y los gases ejercen una fuerza igual y opuesta sobre el cohete, lo que finalmente lo hace avanzar.

¿Conoces algún cuerpo que se mueva sin emplear este principio? Intenta buscar algún ejemplo y coméntalo con tus compañeros y compañeras.

CONEXIÓN CON... ASTRONÁUTICA

Desde la segunda mitad del siglo XX, se dio inicio a la carrera espacial entre las grandes potencias mundiales. Como resultado de esto, se produjeron avances significativos en el ámbito aeroespacial. Cada vez que un cohete despega desde la superficie terrestre se puede distinguir claramente el principio de acción y reacción; la aceleración de los gases de la combustión que despide el motor le sirven de impulso contra la Tierra para poder ser elevado.

Acción y reacción al caminar. Una persona puede avanzar porque cuando un pie empuja hacia atrás contra el suelo (acción), el suelo empuja hacia adelante sobre el pie (reacción).

EJEMPLO RESUELTO 5

Aplicando la segunda ley de Newton

Un automóvil de 500 kg es acelerado gracias a la fuerza de su motor, la que le imprime 750 N. Calcular la aceleración del auto.

Como conocemos la fuerza que está imprimiendo el motor del auto y la masa de este, basta con remplazar estos datos en la relación planteada por la segunda ley de Newton.

$$a = \frac{F_n}{m} = \frac{750\text{N}}{500\text{kg}} = 1{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Luego, la aceleración que experimenta el automóvil producto de la fuerza impresa por motor es de $1{,}5\ \text{m/s}^2$.

EJEMPLO RESUELTO 6

Aplicación del principio de acción y reacción

Un niño de 25 kg y su padre de 75 kg están con patines mirándose de frente, se empujan con una fuerza de módulo 10 N. Determinar la aceleración de ambas personas.

Identifiquemos las masas que interactúan:

$$\text{m}_1 = 25\ \text{kg}\ \ \text{y}\ \ \text{m}_2 = 75\ \text{kg}$$

Las fuerzas son, respectivamente, por acción y reacción:

$$F_1 = 10\ \text{N}\ \ \text{y}\ \ F_2 = -10\ \text{N}$$

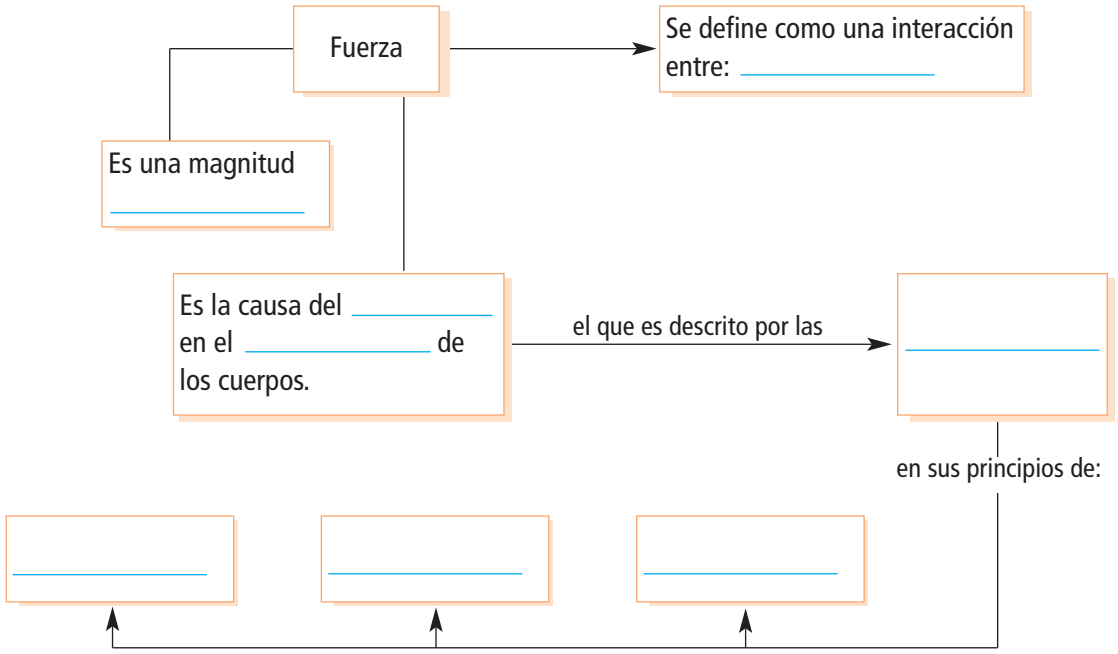
Calculamos la aceleración de cada patinador:

$$a_1 = \frac{10\ \text{N}}{25\ \text{kg}} = 0{,}40\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\ \ \text{y}\ \ a_2 = -\frac{10\text{N}}{75\text{kg}} = -0{,}13\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Nótese que la diferencia del movimiento está en la aceleración de los cuerpos, ya que el módulo de la fuerza es igual, el signo negativo de a_2 indica que m_2 se mueve en sentido opuesto a m_1.

SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



EVALUACIÓN DE PROCESO

1. Un niño empuja, durante un lapso de tiempo de 2 s, un carrito de 10 kg de masa, cambiando su velocidad de 0 a 3 m/s; ¿cuál es la fuerza que el niño aplicó al carrito?
2. Menciona dos ejemplos donde sea evidente el principio de inercia y dos ejemplos donde sea evidente el principio de acción y reacción.
3. Un auto acelera a 4,5 m/s^2, si la fuerza que le entrega el motor al auto es de 950 N, ¿cuál es la masa del auto?

ASÍ APRENDO MEJOR

Responde en tu cuaderno:

a. ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?

b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?

Indagación: La fuerza de roce

¿Cómo podemos subir por algunas superficies inclinadas sin resbalar?

Has notado que a veces utilizando zapatillas podemos subir por distintas superficies que se encuentren inclinadas, pero, si cambiamos de calzado o la superficie se encuentra encerada, el subir por ellas resulta muy dificultoso, a tal punto que podemos resbalar y caer. ¿En qué situaciones resulta más fácil subir un piso inclinado? Formen grupos de tres o cuatro integrantes y discutan sobre este tema. Formulen una hipótesis respecto de la pregunta inicial. Para ponerla a prueba les proponemos realizar el siguiente experimento.

Procedimiento

Reúnan los siguientes materiales: una tabla de madera sin cepillar, un libro de tapa muy lisa, tres trozos cuadrados de madera de distinto tamaño, un transportador y cinta adhesiva.

1. Coloquen sobre la tabla sin cepillar uno de los trozos de madera (no importa el tamaño) y comiencen a inclinar la tabla lentamente.
2. Sitúen el transportador al borde de la tabla de modo que puedan medir el ángulo de inclinación de la tabla. Registren el ángulo en el que el trozo de madera comience a deslizarse sobre la tabla.
3. Pongan el mismo trozo de madera, ahora sobre el libro y repitan el procedimiento anterior.
4. Sobre la tabla coloquen los tres trozos de madera uno sobre otro, del más grande al más chico. Únanlos entre sí con trozos de cinta adhesiva. Repitan el procedimiento.
5. Repitan el procedimiento sobre el libro.
6. Ahora, pongan sobre la tabla y luego sobre el libro los tres trozos, uno sobre otro, pero del más chico al más grande, repitiendo el proceso de inclinación y medición. Recuerda unir o fijar los trozos de madera entre sí con cinta adhesiva.

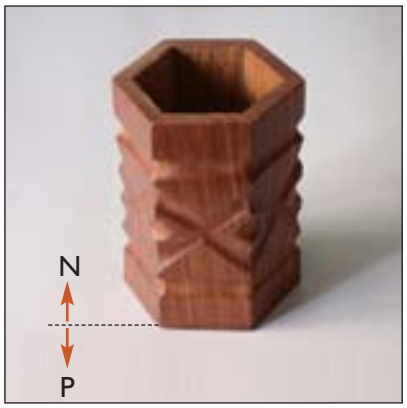
Análisis

Respondan las siguientes preguntas:

a. ¿En cuál de las superficies se adhirió mejor un mismo trozo de madera?, ¿a qué atribuyen eso?
b. ¿Cómo fueron comparativamente los ángulos a partir de los cuales el trozo de madera se deslizó sobre la superficie inclinada?
c. Los trozos puestos uno sobre otro, ¿tenían mayor o menor adherencia? Según esto, ¿la adherencia depende de la masa?
d. ¿Varió la adherencia al invertir el orden de los trozos de madera?, ¿la adherencia depende del área de contacto?
e. ¿Creen que la adherencia es algún tipo de fuerza?
f. ¿Verificaron la hipótesis que propusieron?

5.6 La fuerza de roce

En la Indagación inicial de la página anterior pudimos observar que mientras más rugosa y áspera sean las superficies de dos cuerpos en contacto, mayor será la "adherencia". La presencia de dicha adherencia nos indica la existencia de una fuerza que se opone al movimiento de los cuerpos en contacto y que recibe el nombre de **fuerza de roce**, de rozamiento, o de fricción. La fuerza de roce o de fricción es una fuerza que siempre se opone al movimiento de los cuerpos en contacto.



Sobre un cuerpo en reposo sobre un plano horizontal, actúan la fuerza de su peso y la fuerza normal.

a. Roce por deslizamiento

La fuerza de roce por deslizamiento tiene su origen en las pequeñas irregularidades o rugosidades existentes en cada una de las superficies en contacto. Debido a ellas, las dos superficies en contacto experimentan mayor o menor dificultad para deslizarse una sobre otra.

Cuando un cuerpo está sobre una superficie horizontal, en reposo, hay varias fuerzas actuando. Por ejemplo, está la fuerza peso del cuerpo y la fuerza normal, que tienen igual módulo pero sentido opuesto. La fuerza de roce por deslizamiento es proporcional a la fuerza normal (N), o fuerza hacia arriba que la superficie ejerce sobre el cuerpo. La fuerza de roce está dada por la expresión:

$$f = \mu \cdot N$$

La relación anterior indica que la fuerza de roce es proporcional a la normal, donde la constante de proporcionalidad es el **coeficiente de roce** denotado por la letra griega mu (μ). Este coeficiente depende del material y de la rugosidad de las superficies en contacto.

b. Roce estático y cinético

Vamos a distinguir dos tipos de roce: el roce estático y el roce dinámico o cinético. Cada vez que se quiere sacar un cuerpo del reposo, existe una fuerza de roce estático; esta es una fuerza variable y cuyo valor máximo se representa a través de la expresión:

$$f_e = \mu_e \cdot N$$ Donde μ_e es el coeficiente de roce estático.

La fuerza de roce dinámico o cinético actúa solo cuando el cuerpo se encuentra en movimiento, y está dado por:

$$f_c = \mu_c \cdot N$$ Donde μ_c es el coeficiente de roce cinético.

Siempre se cumple que $\mu_c < \mu_e$; por lo tanto, la fuerza de roce estático máxima es mayor que la fuerza de roce cinético.

¿QUÉ SUCEDERÍA SI...?

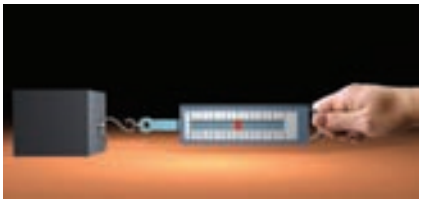
Imagina que vas caminando en la calle o simplemente quieres ir a tu habitación, y de forma misteriosa, desapareciera la fuerza de roce, ¿podrías desplazarte?, ¿podrías subir una colina?

INTER@CTIVIDAD

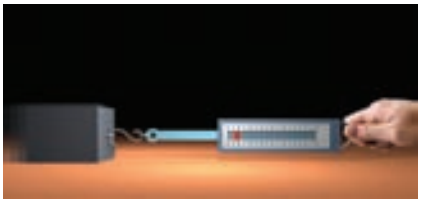
En la siguiente página veras la acción del roce sobre la oruga de una pala mecánica.
http://www.profisica.cl/animaciones/index.php?id=15
Obsérvala y responde la siguiente pregunta: ¿qué tipo de roce esta actuando, roce cinético o estático?

Comparando roce estático y cinético

Si un objeto está en reposo sobre una superficie horizontal, la fuerza de rozamiento que actúa sobre él se llama fuerza de roce estático y el coeficiente de roce estático es (μ_e).



Si aumenta la fuerza externa aplicada sobre el cuerpo, la fuerza de roce estático irá aumentando proporcionalmente hasta que el cuerpo se encuentre "a punto" de deslizar. En ese instante, la fuerza de roce estático alcanza su máximo valor: $f_e = \mu_e \cdot N$.



Si el objeto está en movimiento, la fuerza de roce que actúa sobre él se llama fuerza de roce cinético, que siempre es $f = \mu_c \cdot N$ y, además, $\mu_e > \mu_c$ y el coeficiente de roce cinético es μ_c.

También podemos mover un cuerpo que está sobre una superficie plana inclinándola hasta alcanzar un ángulo crítico; mínimo necesario para que el cuerpo comience a deslizarse.

TABLA 1: COEFICIENTES DE ROCE

Materiales en contacto	(μ_e)	μ_c
Madera-nieve	0,08	0,06
Madera-madera	0,7	0,4
Acero-acero	0,75	0,57
Vidrio-vidrio	0,9	0,4
Goma-concreto	0,9	0,7

La tabla 1 muestra los coeficientes de roce entre diferentes superficies. Cabe destacar que generalmente en Física los coeficientes son adimensionales, es decir, no llevan unidad.

c. Roce por rodadura

Una hipótesis que se maneja acerca de cómo los pascuenses trasladaron los grandes moais hasta su ubicación definitiva, es que ponían bajo ellos rodillos o troncos de madera, los que rodaban por el suelo. A este mecanismo se le llama **rodadura.** También se piensa que los bloques de piedra de las pirámides egipcias fueron movidos de igual forma. El mecanismo de rodadura permite disminuir la fuerza de rozamiento que implicaría deslizar un cuerpo muy grande, pues la superficie de contacto es muy pequeña.

5.8 La fuerza peso

CONCEPTOS CLAVE

Aceleración de gravedad o intensidad de campo gravitacional terrestre, representa la aceleración con que los cuerpos caen a la Tierra. Su valor promedio a nivel de superficie es de 9,8 m/s^2, es decir, por cada segundo que un cuerpo cae a la Tierra incrementa su velocidad en 9,8 m/s.

Al observar la grabación de los astronautas que caminaron sobre la Luna en 1969, daba la impresión de que estaban flotando. Lo que sucede es que la atracción que ejerce la Luna sobre los astronautas que están sobre su superficie es seis veces menor comparada con la que ejerce la Tierra, por lo que parecían ser mucho más livianos. La fuerza de atracción gravitatoria que ejerce un cuerpo como la Luna o la Tierra sobre los objetos o seres vivos se llama **fuerza de gravedad o peso.**

El peso es la fuerza con que la Tierra u otro cuerpo, como la Luna o alguna estrella, atraen a un objeto hacia su centro. El valor del peso es directamente proporcional a la masa que tenga dicho objeto. El **peso** es responsable de que los cuerpos caigan. La expresión que define el peso de un cuerpo se deduce de la segunda ley de Newton $(F = m \cdot a)$. Si remplazamos F por P (peso del cuerpo), y a por g (aceleración de gravedad), tenemos:

$$P = m \cdot g$$

De acuerdo a esta ecuación, el peso de un cuerpo es directamente proporcional a su masa, por esto, si un cuerpo posee mayor masa que otro, será atraído por la Tierra con una fuerza mayor y tendrá, por lo tanto, un peso mayor.

De acuerdo a la ecuación, el peso también depende de la aceleración de gravedad, la cual varía de un lugar a otro de la Tierra y también varía en diferentes partes del Universo. Por esto decimos que **el peso de un cuerpo no es constante**, a diferencia de la masa que sí lo es.

El peso de un cuerpo depende de la masa del cuerpo y de la aceleración de gravedad g. En la Tierra $g = 9{,}8$ m/s^2 y en la Luna $g_L = 1{,}6$ m/s^2; por lo tanto, un cuerpo pesa, aproximadamente, seis veces menos en la Luna que en la Tierra.

¿Cómo medir el peso de un cuerpo?

El instrumento de medida de la masa de un cuerpo es la **balanza** y su unidad en el **SI** es el kilogramo (1 kg = 1.000 g). El instrumento de medida que permite medir el peso de un cuerpo es el **dinamómetro.** Este instrumento (que mide la fuerza) consta de un resorte del que se cuelga el cuerpo que se desea pesar y una escala graduada en newtons para efectuar la lectura del peso.

El principio de funcionamiento del dinamómetro consiste en medir el efecto de deformación del resorte producido por la fuerza aplicada sobre él, puesto que, según la **ley de Hooke**, la deformación que experimenta un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza que la produce.

El dinamómetro pesa los cuerpos que se cuelgan de él (mide una fuerza).

5.9 Centro de gravedad de un cuerpo

Un cuerpo sólido está formado por partículas materiales, cada una de las cuales experimenta una fuerza (peso) al ser atraída hacia la Tierra. El peso de todas ellas son fuerzas dirigidas hacia el centro de la Tierra y la fuerza resultante es el peso del cuerpo. El punto de aplicación de la fuerza resultante, que identifica a todo el cuerpo, corresponde al llamado **centro de gravedad** del cuerpo **(G)**.

DESCRIBIR- INFERIR

Actividad 14

DETERMINANDO EL CENTRO DE GRAVEDAD DE UN CUERPO

Reúnanse en grupos de tres o cuatro estudiantes y consigan los siguientes materiales: un trozo de cartón, un alfiler, una tuerca, hilo, una regla, un lápiz y tijeras.

1. Recorten una figura de cartón de forma irregular y fíjenla a una pared mediante un alfiler ubicado en uno de sus extremos, de modo que pueda oscilar libremente hasta equilibrarse.
2. Usen la tuerca amarrada al hilo como una plomada (que indicará la dirección vertical). Marquen sobre la figura la línea vertical que pasa por la posición del alfiler. Usen la regla si es necesario.
3. Repitan el paso anterior, colgando la figura desde otro extremo.
4. La posición del centro de gravedad G de la figura se encuentra en el punto donde se intersectan las dos líneas rectas trazadas sobre ella.

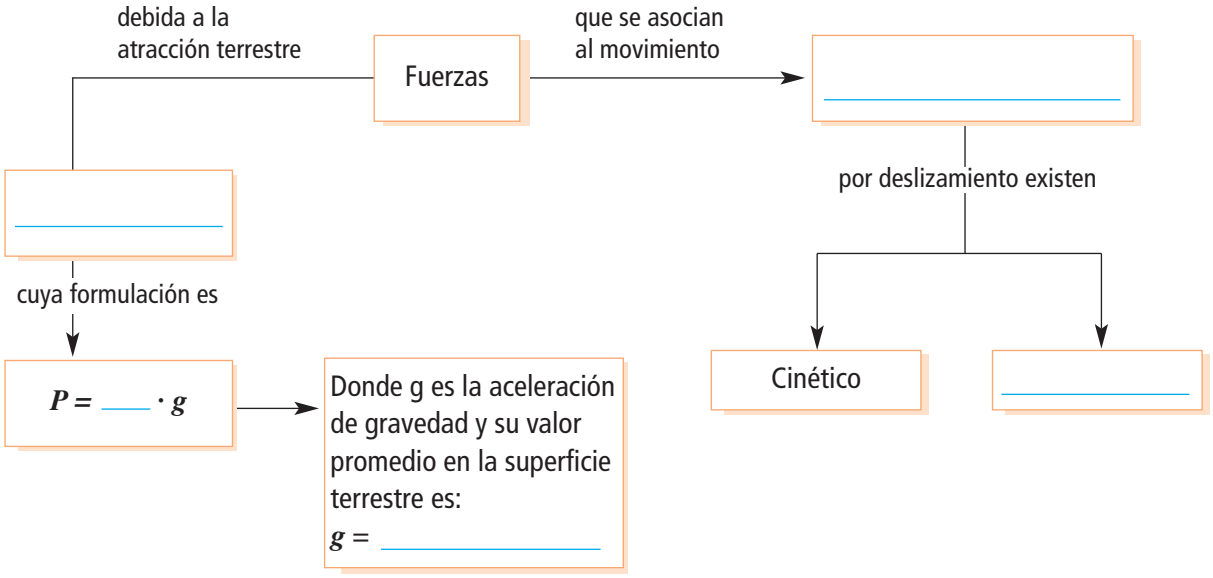
   ¿Qué sucedería con la figura si apoyas su punto de gravedad sobre un alfiler ubicado perpendicularmente a la mesa? Háganlo y comenten.

INTER@CTIVIDAD

En la siguiente páginas podrás ver una animación que muestra la trayectoria del centro de masa de un atleta de salto alto.
http://212.170.234.89/educared/maquinas_e5/salto_alto.htm

SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



EVALUACIÓN DE PROCESO

1. ¿Qué tipo de roce se emplea al trasladar grandes estructuras mediante troncos de madera?
2. Una caja de madera de 0,7 kg está sobre una superficie horizontal también de madera. Sobre la caja se aplica una fuerza externa horizontal F que va en aumento.
   a. Calcula la fuerza de roce estático máxima y cinético.
   b. Si la fuerza F toma los valores de 0,5 N y luego 6 N, indica en cada caso el estado de movimiento del bloque y si la fuerza de roce es estática o dinámica.
3. Determina la fuerza que la Tierra ejerce sobre un cuerpo de 10 kg que se encuentra sobre su superficie.

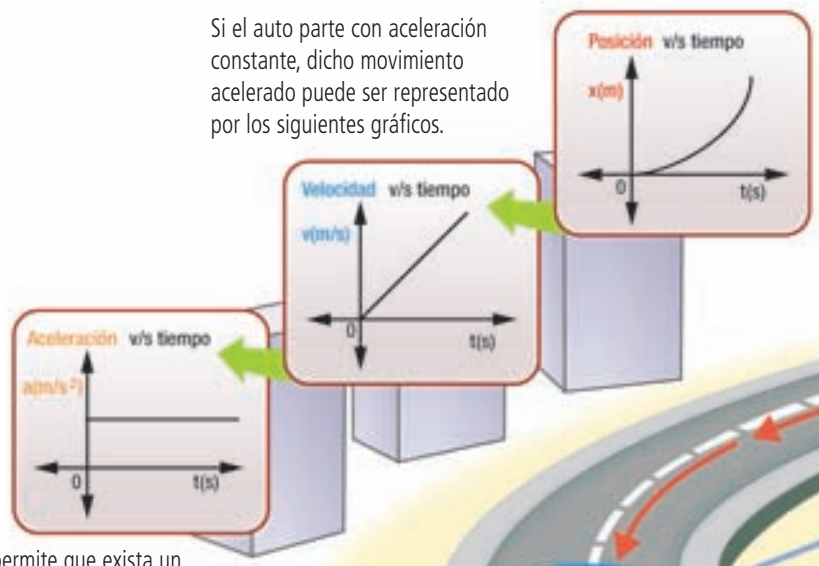
ASÍ APRENDO MEJOR

Responde en tu cuaderno:

a. ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?

b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?

Si el auto parte con aceleración constante, dicho movimiento acelerado puede ser representado por los siguientes gráficos.



La fuerza que permite que exista un cambio en el movimiento del auto, en particular un cambio en su dirección, es la fuerza de roce entre las ruedas y el asfalto. Según el 2° principio de Newton toda fuerza puede expresarse como $F = m \cdot a$.

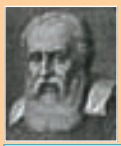
Desde el marco de referencia del pasajero, al tomar la curva, parece que una fuerza lo empuja hacia la puerta (esto es efecto de la inercia, ya que realmente no hay fuerzas que lo empujen)

En relación al marco de referencia Tierra, el asiento del auto aplica una fuerza al pasajero hacia al interior de la curva.

Línea de tiempo

Aristóteles fue maestro de Alejandro Magno, quien llegara a gobernar el imperio más grande de la antigüedad.

384 a.C.-322 a.C.



En la misma época, la Inquisición se dedicaba a condenar la herejía (ideas que contradijeran las Sagradas Escrituras). El mismo **Galileo** fue obligado a retractarse de algunas de sus afirmaciones.

1554-1642

En aquella época, el pensamiento científico se erige como la principal herramienta del conocimiento.

1643-1727

Aristóteles describió el movimiento de los cuerpos, señalando que existe una ley para el movimiento de los objetos en la Tierra y otra ley para el movimiento de los objetos celestes.

Galileo Galilei. Alrededor del 1600, analizó la relatividad del movimiento de los cuerpos, conocida como la "relatividad de Galileo", además de describir la caída de los cuerpos y el lanzamiento inclinado.

Isaac Newton sintetiza el conocimiento de la mecánica en tres leyes fundamentales: el principio de inercia, el de acción y reacción, el de fuerza-masa. También estableció la ley de gravitación universal.

Al encontrarse detenido el auto, podemos distinguir que actúa el principio de acción y reacción, ya que el auto ejerce una fuerza sobre el suelo y el suelo, a su vez, ejerce una fuerza de igual módulo y dirección, pero sentido opuesto sobre el auto, al actuar sobre cuerpos distintos, dichas fuerzas no se equilibran.

Acción

Reacción

La Trayectoria corresponde a la distancia recorrida por el auto (Δd) y el desplazamiento (Δx) corresponde al cambio de posición entre los punto A y B, luego la rapidez media del auto se expresa como $v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ y la velocidad media como $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Al aplicar los frenos del auto, el cuerpo del conductor tiende a mantener el estado de movimiento, cumpliéndose así el primer principio de Newton, el de inercia.

Línea de tiempo

1635-1703

En aquella época en América se vivía bajo el gobierno de colonias europeas, dirigidas a su vez por monarquías.

1736-1806

Se lleva a cabo la guerra de los Siete Años (1756-1763) entre dos alianzas rivales: por un lado el reino de Gran Bretaña, Hanóver y Prusia; por otro Austria, Francia, la Rusia imperial, Sajonia y Suecia.

En los primeros 30 años del siglo XX, se desarrolla la mecánica cuántica, área de la Física que estudia el mundo microscópico.

1879-1955

Robert Hooke. Físico inglés; estudia las fuerzas de restitución que actúan en un resorte, estableciendo en 1660 la ley que lleva su nombre.

Charles Coulomb. Físico francés que estudió principalmente fenómenos eléctricos. Establece que la fuerza entre dos cargas es proporcional a sus magnitudes y que decrece con el cuadrado de la distancia entre ellas.

Albert Einstein. Físico de origen judío, entre sus grandes aportes vuelve a estudiar el problema del movimiento desde una perspectiva relativista, considerando que la velocidad de la luz es siempre la misma.

Responde en tu cuaderno

Regresa a las páginas 54 y 55 y resuelve nuevamente la evaluación diagnóstica. ¿Cómo fue tu porcentaje de logro con respecto al anterior?

Comprendo

I. **Marca la alternativa correcta en las siguientes preguntas.**

1. **Si un cuerpo tiene una aceleración de 5 m/s² significa que:**
   - A) recorre 5 metros por cada segundo.
   - B) recorre 5 metros cada 5 segundos.
   - C) varía su rapidez en 5 m/s.
   - D) varía su rapidez en 5 m/s cada segundo.
   - E) recorre 5 metros cada 25 segundos.

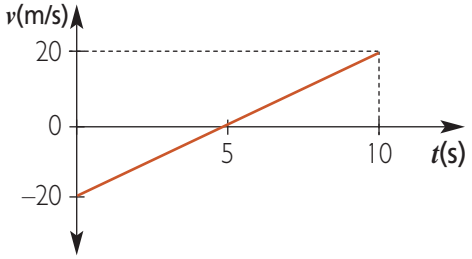
2. **¿Cuál de las siguientes alternativas es verdadera con respecto al movimiento?**
   - A) Si la trayectoria es rectilínea, el módulo del desplazamiento es siempre igual a la distancia recorrida.
   - B) En cualquier movimiento, el módulo de la velocidad media es igual a la rapidez media.
   - C) El desplazamiento corresponde a la longitud de la trayectoria.
   - D) Si la rapidez es constante, entonces la velocidad también será constante.
   - E) Es imposible recorre una curva sin aceleración.

3. **Si la aceleración de un cuerpo de masa constante aumenta al triple, indica que:**
   - A) la rapidez aumenta al triple.
   - B) la fuerza aumenta al triple.
   - C) la distancia que recorre en cada segundo aumenta al triple.
   - D) no existe fuerza de roce.
   - E) la masa disminuye a la tercera parte.

4. **Una persona empuja el carro del supermercado. Entonces, es siempre verdadero con respecto a la fuerza que ejerce la persona sobre el carro, que:**
   - A) es de mayor magnitud que la fuerza que ejerce el carro sobre la persona.
   - B) es de igual magnitud que el peso del carro.
   - C) es de igual magnitud que la fuerza de roce sobre la persona.
   - D) es de igual magnitud que la fuerza que ejerce el carro sobre la persona.
   - E) es la única fuerza que actúa.

Analizo

II. **Observa el siguiente gráfico que corresponde a un movimiento rectilíneo y responde las preguntas que se plantean a continuación.**



1. **¿Cuál de las siguientes alternativas es falsa con respecto al movimiento presentado en el gráfico?**
   - A) La aceleración es constante.
   - B) El gráfico presenta la velocidad en función del tiempo.
   - C) Cambia el sentido del movimiento.
   - D) A los 5 s su aceleración es nula.
   - E) La distancia que recorre entre los 0 y 5 s es igual a la distancia recorrida entre los 5 y 10 s.

2. **¿Qué puedes decir con respecto a la fuerza que actúa sobre el cuerpo?**
   - A) Es siempre constante.
   - B) Es siempre nula.
   - C) Cambia de sentido a los 5 s.
   - D) Se anula a los 5 s.
   - E) Aumenta constantemente.

3. **Si la posición inicial de la partícula es x= 10 m, ¿cuál será la posición a los 10 s?**
   - A) 0 m
   - B) 5 m
   - C) 10 m
   - D) 20 m
   - E) 50 m

4. **¿Cuál de las siguientes alternativas describe mejor el gráfico?**
   - A) La partícula avanza 20 m y luego se devuelve 20 m.
   - B) La partícula parte a 20 m a la izquierda del origen y se detiene a 20 m a la derecha del origen.
   - C) La rapidez aumenta constantemente desde los 0 a los 10s.
   - D) La partícula disminuye su rapidez entre los 0 y 5 s y luego su rapidez aumenta de los 5 a los 10 s, pero en sentido contrario.
   - E) La aceleración disminuye durante los primeros 5 s y luego aumenta en los 5 s finales.

Responde en tu cuaderno

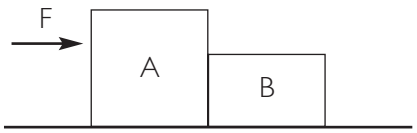
Aplico

III. **Responde las siguientes preguntas marcando la alternativa correcta.**

1. **Un objeto baja verticalmente con velocidad constante debido a la aplicación de una fuerza de magnitud F. Si despreciamos el roce con el aire, podemos decir, con respecto al valor de F, que:**

   A) es de igual magnitud que el peso y está dirigida hacia abajo.
   B) es de igual magnitud que el peso y está dirigida hacia arriba.
   C) es el doble de la magnitud del peso y está dirigida hacia arriba.
   D) es el doble de la magnitud del peso y está dirigida hacia abajo.
   E) dependerá del valor de la velocidad.

2. **La fuerza F se aplica sobre el bloque A. El conjunto se desplaza con velocidad constante sobre una superficie rugosa.**



   I. La fuerza que ejerce A sobre B es igual a F.
   II. La fuerza de roce sobre el conjunto es de igual magnitud que F.
   III. La fuerza neta sobre B es nula.

   Es (son) correcta(s)

   A) Solo I
   B) Solo III
   C) I y II
   D) II y III
   E) I, II y III

3. **Un objeto es lanzado desde una nave espacial, en el vacío, donde no hay ningún cuerpo actuando sobre este objeto. Entonces, lo que ocurrirá con el objeto es que:**

   A) irá frenando hasta detenerse.
   B) seguirá una trayectoria que no se puede determinar.
   C) se moverá con movimiento rectilíneo uniforme.
   D) quedará inmediatamente en reposo.
   E) nada se puede determinar sin conocer la masa.

¿Influye la masa en el tiempo de caída de los cuerpos?

Antecedentes

Se sabe que la caída libre de los cuerpos es un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado en dirección vertical hacia abajo. La percepción que se tiene es que los cuerpos de mayor masa, que caen desde una misma altura, llegan antes al suelo, y se desea averiguar si esta percepción es correcta.

1. Objetivo

Investigar si la masa de los cuerpos que caen libremente influye en el tiempo que demoran en llegar al suelo.

2. Planificación

- Indicar cuál de las variables (masa o tiempo) corresponde a la variable dependiente y cuál a la variable independiente.
- Indicar otras magnitudes físicas que puedan influir y que debes controlar para que sean constantes durante la investigación.
- Formular una hipótesis o respuesta anticipada a la pregunta a investigar, fundamentando el porqué.
- Hacer una lista de los materiales que necesitas.
- Definir el procedimiento a utilizar.

Acá hay algunas preguntas que pueden orientar tu proyecto de investigación

a. ¿Qué volumen tendrán los cuerpos?

b. ¿Desde qué altura soltarás los cuerpos?

c. ¿Cómo y con qué medirás el tiempo?

d. ¿Cuántas veces medirás el tiempo de caída para cada cuerpo?

e. ¿Dónde y cómo registrarás la información?

f. ¿Cómo analizarás la información experimental obtenida?

3. Ejecución

Una vez planificado el trabajo, puedes realizar la experiencia, teniendo especial cuidado en las mediciones, al igual que en otros factores que puedan incidir y que no habías pensado. Registra tus resultados.

4. Evaluación y análisis

Una vez obtenidos y registrados los datos debidamente, evalúalos, por ejemplo, a través de una gráfica, para luego analizarlos. Escribe un informe en que contrastes la hipótesis que habías planteado, explicando científicamente tus resultados.

5. Proyección

Piensa en una posible ampliación de tu investigación, considerando las magnitudes físicas que permanecieron constantes y que ahora pueden pasar a ser variables.

Unidad

3 Trabajo y energía

Todos tenemos una idea intuitiva sobre el concepto de energía, sabemos que se manifiesta de distintas formas, que puede transformarse y también transferirse, pero ¿cómo ocurre esto?, ¿cómo un cuerpo puede ganar o perder energía?, ¿cómo influye esto en el movimiento? En esta unidad estudiarás el movimiento de los cuerpos y su relación con los conceptos de fuerza, trabajo y energía.

Aprenderás a:

- Explicar los conceptos de momentum lineal, impulso, trabajo y potencia mecánica.
- Asociar los conceptos de momentum lineal, impulso, trabajo y energía.
- Identificar las distintas manifestaciones de la energía presentes en la naturaleza.
- Relacionar los distintos tipos de energía con propiedades mecánicas de un cuerpo, como posición, movimiento, etc.
- Analizar la relación existente entre el trabajo y el cambio de energía.
- Aplicar la ley de conservación de la energía y conservación del momentum lineal, tanto en situaciones ideales como en situaciones cotidianas.

Actividad inicial

Observa las fotografías y luego lee y analiza las situaciones problema que se presentan y respóndelas en tu cuaderno.

1. Las grúas se utilizan para levantar objetos de gran masa, por lo que si el objeto tiene mayor masa, la fuerza que ejerce la grúa debe ser mayor. Para que la grúa levante un cuerpo en menos tiempo, ¿crees que es necesario aplicar una fuerza mayor?, ¿por qué?
2. Observa la fotografía de la cascada, ¿qué diferencia podrías encontrar en el agua, entre el momento en que comienza a caer y el momento en que llega abajo? Si al llegar abajo golpea un cuerpo, ¿qué crees que le ocurre a este cuerpo?
3. Cuándo golpeas una bola de billar, esta se mueve golpeando a las otras, ¿qué influye en la rapidez con que se mueve la bola que recibió el impacto? Si esta bola tuviese mayor masa, ¿se movería igual?
4. ¿Crees que al empujar la caja hay transferencia de energía?, y ¿cómo debería ser dicha transferencia, si la masa del cuerpo es mayor o aumenta?

1. A continuación encontrarás una serie de situaciones y características. Clasifica en tu cuaderno las que corresponden a movimientos con velocidad constante y las que tienen velocidad variable.

A Caída libre.

B La fuerza neta es constante distinta de cero.

C Un balón cae por un plano inclinado sin roce.

D Un objeto se mueve en el espacio sin la acción de una fuerza externa.

E La fuerza neta es nula.

F Un carro frena hasta detenerse.

H Lanzamiento vertical hacia arriba.

G A un carro se le da un empujón en un plano horizontal sin roce.

I Un automóvil va acelerando.

Velocidad constante	Velocidad variable
Copia en tu cuaderno	

2. En la siguiente lista de afirmaciones, escribe una V si la afirmación es verdadera o una F si es falsa. Justifica las falsas en tu cuaderno.

a. _____ Una onda es una manifestación de la energía.

b. _____ La energía no se puede transmitir de un cuerpo a otro.

c. _____ La fuerza es una interacción entre cuerpos.

d. _____ Cuando dos cuerpos interactúan siempre se ejercen fuerzas del mismo valor.

e. _____ La energía total de un sistema aislado puede disminuir.

f. _____ Si un cuerpo está en reposo es porque no existen fuerzas actuando sobre él.

3. Anota en tu cuaderno la letra del recuadro que corresponde a cada uno de los enunciados.

a. Corresponde a energía en tránsito.

A Calor | B Fuerza | C Temperatura

b. Se puede transferir de un cuerpo a otro.

A Desplazamiento | B Volumen | C Energía

c. Fuerza que produce la caída de los cuerpos en la Tierra.

A Calor | B Roce | C Peso

d. Siempre se presenta en pares.

A Energía | B Fuerza | C Movimiento

e. Es la variación de velocidad por unidad de tiempo.

A Aceleración | B Rapidez | C Fuerza

f. Corresponde a la longitud del camino recorrido

A Velocidad | B Distancia | C Desplazamiento

Lo que me gustaría saber

- En tu cuaderno realiza una lista de preguntas o conceptos sobre el trabajo y la energía que te interesaría conocer y entender una vez terminada la unidad.
- ¿Qué entiendes por trabajo? ¿Qué entiendes por energía? Trata de dar una respuesta a estas preguntas con los conocimientos que tienes. Observa a tu alrededor e indica dónde pueden estar presentes estos conceptos.

Indagación: Fuerza y cambio de movimiento

¿Puede un cuerpo cambiar su velocidad si aparentemente no existe ningún otro contra el cual ejercer una fuerza?

Cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, recibe por parte de este otra fuerza igual en intensidad pero en sentido contrario a la aplicada. Por lo tanto, para que exista una fuerza siempre deben interactuar dos cuerpos. Por ejemplo: en el caso de las naves espaciales, cuando despegan ejercen fuerzas sobre el suelo, lo que da inicio a su movimiento, pero cuando se encuentran en el espacio, ¿cómo pueden maniobrar?, ¿cómo pueden cambiar su velocidad si no tienen ningún cuerpo contra el cual ejercer la fuerza?

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y propongan una hipótesis a la pregunta planteada inicialmente.

Para poner a prueba su hipótesis les proponemos el siguiente experimento.

Materiales:

- Lata de bebida vacía (sin sacar el abridor de la lata o "tabs").
- Hilo.
- Clavo.
- Tijeras.
- Bol plástico.
- Botella plástica de un litro con agua.

Procedimiento

1. Con el clavo perforen la lata de aluminio por uno de sus costados y cerca de la base. El clavo debe entrar inclinado, hacia la derecha o hacia la izquierda. En el lado opuesto y a la misma altura, vuelvan a perforar, inclinando el clavo en el sentido de la primera perforación.

2. Amarren el hilo al abridor de la lata.
3. Con los dedos tapen los orificios hechos en la lata y llénenla con agua.
4. Sostengan la lata del hilo, poniéndola sobre el bol plástico.
5. Saquen los dedos para que pueda salir el agua y observen lo que sucede.

Respondan en su cuaderno las siguientes preguntas:

a. ¿Qué sucede con la lata? Describan lo observado.

b. Si la inclinación del clavo hubiese sido en sentido contrario, ¿qué creen que habría ocurrido con el movimiento de la lata?

c. ¿Hay alguna fuerza aplicada sobre la lata que produzca este movimiento? Expliquen.

- **Repitan el mismo procedimiento, pero ahora realicen dos perforaciones más, presionando el clavo en el mismo sentido que en los casos anteriores y aproximadamente a la misma altura. Vuelvan a echar agua y observen lo que sucede.**

d. ¿Hay alguna diferencia entre lo ocurrido anteriormente y lo sucedido ahora?

e. ¿A qué crees que se debe esta diferencia?, ¿dependerá del número de perforaciones?

f. ¿Por qué creen que se produce el movimiento?, ¿de qué dependerá que se mueva más rápido o más lento?

g. ¿Existe alguna ley o principio visto en la unidad anterior actuando en el fenómeno observado?

h. Entonces, ¿cómo se puede variar la velocidad de un objeto sin la aplicación de una fuerza externa sobre él?

Compartan sus respuestas y conclusiones con el resto de sus compañeros y compañeras de curso.

En las imágenes podemos apreciar que la fuerza aplicada a la pelota es diferente en cada caso, según la velocidad que se quiera lograr.
¿Qué ocurriría con la fuerza si el tenista golpeara una pelota de básquetbol?

1. ¿De qué depende la variación en el movimiento de un cuerpo?

En la actividad anterior se pudo comprobar que un cuerpo puede moverse sin la acción de una fuerza externa, ya que el movimiento también se puede originar por una variación de la masa, pero ¿qué ocurre en los casos en que los cuerpos no pueden variar la masa? En estos casos, para producir un cambio en el estado del movimiento de un cuerpo, es necesario aplicar sobre él una **fuerza externa.**

Si tienes que empujar un automóvil "en pana", ¿es la misma fuerza que se debe aplicar si el automóvil está vacío o si hay varias personas dentro de él? Claramente no. La magnitud de la fuerza aplicada **dependerá de la masa** del objeto, ya que mientras mayor sea su masa, mayor es la fuerza que hay que aplicar.

La intensidad de la fuerza aplicada **dependerá también del cambio de velocidad** que se quiera lograr. Si estás jugando al fútbol y quieres pasarle la pelota a un jugador o jugadora que está cerca tuyo, aplicas una fuerza pequeña, por lo que la pelota se moverá también con una rapidez pequeña; pero, si quieres lanzarla a una persona que está lejos, la fuerza que debes aplicar es mayor, por lo que la variación en la rapidez de la pelota será también mayor.

¿El cambio en el movimiento depende solo de la intensidad de la fuerza aplicada? Si quieres mover un cajón, ¿es lo mismo aplicar la fuerza durante 1 segundo que aplicarla durante 10 segundos? Ciertamente no, al aplicar sobre un cuerpo una fuerza durante un tiempo mayor, la variación de movimiento en dicho cuerpo será mayor. Por lo tanto, la variación total de movimiento depende directamente tanto de la fuerza aplicada como del **tiempo de acción** de la fuerza.

2. El impulso

Actividad 1

Inferir

Fuerza y tiempo de aplicación

Para esta actividad necesitarás dos autitos de masas similares.

1. Toma los dos autitos con ambas manos y aplica sobre ellos una fuerza similar para moverlos.
2. Repite el procedimiento anterior, pero ahora sobre uno de los autitos aplica una fuerza durante un tiempo mayor.
   a. En el primer procedimiento, ¿cómo fue la distancia que alcanzaron los autitos?
   b. Para el segundo procedimiento, ¿qué autito se movió una distancia mayor?

En la actividad que acabas de realizar pudiste observar que al actuar fuerzas similares sobre cuerpos de masa también similar, dichas fuerzas tienden a producir un efecto parecido. En la primera parte de la actividad, el efecto sobre los autitos fue producir desplazamientos iguales. Ahora, cuando se varía el tiempo de aplicación de una fuerza también varían los efectos que dicha fuerza puede producir, por lo que no es igual aplicar una fuerza sobre un cuerpo durante 1 s que aplicarla durante 10 s. También varían los efectos de una fuerza si varía su módulo.

De la segunda ley de Newton sabemos que $F = m \cdot a$.

Como $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$, entonces $F = m \cdot \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

$$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$

La variación del movimiento depende de la fuerza aplicada y del tiempo de aplicación. A mayor variación de movimiento, mayor es la fuerza aplicada y/o mayor tiempo de aplicación de dicha fuerza.

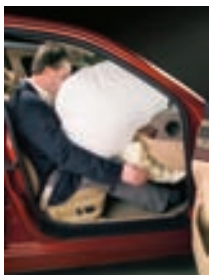
A esta relación de fuerza y tiempo es lo que llamaremos **impulso** y lo representaremos con la letra ***"I".***

$$I = F \cdot \Delta t \ \left[N \cdot s\right] \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Luego, la variación del movimiento dependerá del impulso que actúe sobre el cuerpo.

Conexión con... Tecnología

En los llamados air-bags, los cuales son bolsas de aire que se inflan en fracciones de segundo durante un choque, se aplica el concepto de variación de movimiento o impulso, ya que en esta situación hay una gran variación de velocidad. La función de estas bolsas es aumentar el tiempo de detención, para que la fuerza recibida producto del impacto sea menor.



3. Cantidad de movimiento lineal o momentum lineal

Observar-inferir

Actividad 2

Percibiendo el impulso

Reúnanse en parejas y consigan dos pelotas, una pequeña (puede ser de tenis) y otra más grande, de fútbol o básquetbol.

1. Láncense primero la pelota pequeña entre ambos, imprimiéndole inicialmente una velocidad pequeña y luego una velocidad mayor.
2. Luego, de la misma forma, láncense la pelota más grande, variando también la velocidad de esta.
   a. ¿De qué depende la fuerza que tienen que aplicar?
   b. ¿En cuál de los dos casos tuvieron que realizar una mayor fuerza para detener la pelota?

Ten presente que:

- Si un cuerpo tiene mayor masa, se debe aplicar una mayor fuerza sobre él para ponerlo en movimiento. Esto no se debe a que es más "pesado" y por lo tanto experimenta un mayor roce, sino a que la inercia del cuerpo es mayor.

A partir de esta experiencia, ¿qué parámetros crees que se deben utilizar para caracterizar el movimiento de un cuerpo?

Cuando describimos el movimiento de un cuerpo, nos basta con saber su velocidad, ya que ella da cuenta de la variación de la posición de este en el tiempo. Ahora, si queremos hacemos una idea de la dificultad para poner dicho cuerpo en movimiento, o de la fuerza que se requiere para detenerlo, debemos conocer también su masa. El impulso en términos de la velocidad y de la masa se deduce de la ecuación 1:

$$I = F \cdot \Delta t = m \cdot (v_f - v_i)$$
$$= m \cdot v_f - m \cdot v_i$$
$$= \Delta (m \cdot v)$$

$$\boxed{I = \Delta (m \cdot v)}$$

Luego:

En la ecuación, podemos ver que el impulso sobre el cuerpo produce una variación del producto entre masa y velocidad. Dicho producto es una magnitud vectorial, que llamaremos **momentum lineal** o **cantidad de movimiento lineal,** y se representa por la expresión: $p = m \cdot v$. Mientras mayor sea el momentum de un cuerpo mayor es la fuerza necesaria para variar su estado de movimiento.

Si queremos representar el momentum lineal total de un sistema de cuerpos, esta corresponde a la suma vectorial de los momentum de cada uno de ellos:

$$\boxed{\vec{p}_{total} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + ...\vec{p}_n}$$

Investigación científica

Momentum lineal de un sistema

Antecedentes

Al observar el choque de las bolas sobre una mesa de pool, podemos ver que la energía de los choques se va disipando, haciendo que finalmente las bolas se detengan. La acción de fuerzas como el roce es la causa de que la bolas terminen deteniéndose. Pero, si el roce no existiera, ¿perdurarían de forma indefinida los choques entre las bolas? De ser así, esto nos lleva a pensar que el momentum lineal total de un sistema en ausencia de roce es siempre la misma.

Hipótesis

En ausencia de fuerzas externas, el momentum lineal de un sistema permanece constante.

Materiales

- Superficie pulida (puede ser un piso encerado).
- Tres carritos, pueden ser autitos de juguete, dos de igual masa y uno diferente.
- 2 cronómetros (generalmente los celulares traen incorporado uno).
- Cinta métrica.
- Balanza o pesa.
- Resorte.
- Hilo.

Procedimiento

1. Formen un grupo de al menos tres integrantes. Tomen los dos autitos que sean de igual masa (o similar). Para ello deben medir su masa utilizando la balanza.
2. Pongan el resorte entre estos de modo que quede comprimido al máximo y amarren los autitos con el hilo, de modo que el hilo pase por arriba del resorte.
3. Coloquen el sistema en el centro del piso y marquen sobre él una distancia de un metro desde cada autito.
4. Dos estudiantes deben tomar el tiempo, uno para cada auto y otro debe preocuparse de cortar el hilo. Registren sus mediciones. Deben comenzar a medir el tiempo de forma simultánea. Repitan la experiencia con un par de autos de diferente masa.

Análisis

¿De qué manera el movimiento de los cuerpos depende de la masa?

¿Qué ocurre con el momentum lineal de cada cuerpo en las distintas situaciones?

¿Qué factores influyen en las mediciones?

A partir de lo observado, ¿pueden aceptar la hipótesis? Expliquen.

3.1 Ley de conservación del momentum lineal

En la investigación anterior observamos la tendencia que tiene el momentum lineal total de un sistema a permanecer constante, si generalizamos para el caso de choques aislados de objetos. Utilizaremos el ejemplo del choque entre las bolas de pool para explicar la conservación del momentum lineal. El análisis de esta situación se divide en las siguientes etapas:

Antes de la colisión

En este momento, cada objeto tiene un momentum lineal, por lo tanto, el momentum lineal total del sistema antes de la colisión es:

$$m_A \cdot V_A + m_B \cdot V_B$$

Durante la colisión

Donde los dos objetos se aplican fuerzas mutuamente y en sentido opuesto, durante el mismo intervalo de tiempo. Por tanto, dicha transferencia de impulso es:

$$F_{BA} \cdot \Delta t = -F_{AB} \cdot \Delta t$$

Después de la colisión

Debido a los impulsos, las bolas tienen un momentum lineal diferente, por lo tanto, el momentum lineal total del sistema después de la colisión es:

$$m_A \cdot V_A' + m_B \cdot V_B'$$

Considerando que $F_{BA} \cdot \Delta t = -F_{AB} \cdot \Delta t$ (segundo recuadro), al ser el impulso igual a la variación de momentum lineal, dicha expresión puede escribirse como:

$$\Delta(m_A \cdot V_A) = -\Delta(m_B \cdot V_B)$$

$$m_A \cdot V_A' - m_A \cdot V_A = -(m_B \cdot V_B' - m_B \cdot V_B)$$

Reordenando, se cumple que:

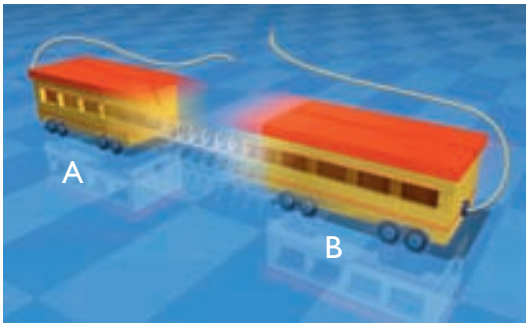
$$m_A \cdot V_A + m_B \cdot V_B = m_A \cdot V_A' + m_B \cdot V_B'$$

A partir de lo anterior podemos decir que el momentum lineal total antes de la colisión (término izquierdo) es igual al momentum lineal total después de la colisión (término derecho). Esto se conoce como el principio de conservación del momentum lineal.

EJEMPLO RESUELTO 1

Aplicando la ley de conservación del momentum lineal

Dos carritos A y B de un tren de juguete con sus masas de 300 g y 400 g, respectivamente, se encuentran en reposo y amarrados por un hilo. Entre ellos se coloca un resorte comprimido. Al cortar el hilo, el resorte se estira poniendo a ambos carritos en movimiento.



Si el carro A adquiere una velocidad de 4 m/s hacia la izquierda, ¿qué velocidad adquiere el carro B justo después de cortar el hilo?

a. **Antes de la interacción:**

$$P_A = m_A \cdot V_A = 0 \qquad \text{y} \qquad P_B = m_B \cdot V_B = 0$$

$$P_A + P_B = 0$$

Por lo tanto, el momentum lineal total antes de la interacción es cero.

b. **Después de la interacción:**

$$P_A' = m_A \cdot V_A' = 0{,}3\ kg \cdot (-4)\ m/s = -1{,}2\ kg\frac{m}{s}$$

Como el carro A se mueve hacia la izquierda, su velocidad es negativa.

$$P_B' = m_B \cdot V_B' = 0{,}4\ kg \cdot V_B'$$

Luego, el momentum lineal total después de la interacción es:

$$P_A' + P_B' = -1{,}2\ kg\frac{m}{s} + 0{,}4\ kg \cdot V_B'$$

De acuerdo al principio de conservación del momentum lineal, el momentum lineal de ambos carros es el mismo antes y después de la interacción.

$$-1{,}2\ kg\frac{m}{s} + 0{,}4\ kg \cdot V_B' = 0$$

$$\Rightarrow\ V_B' = 3\frac{m}{s}$$

Por lo tanto, la velocidad que adquiere el carro de mayor masa justo después de cortar el hilo es de 3 m/s hacia la derecha.

Cuando chocan dos bolitas, hay una transmisión de momentum lineal entre ellas. Si le pegas a una bolita cuya masa es mayor que la de la bolita que lanzaste, entonces se moverá con una rapidez menor que la de la bolita incidente. Esto es debido a la conservación del momentum lineal.

3.2 Aplicaciones de la conservación del momentum lineal

En Física, generalmente estudiamos "casos ideales", como en el ejemplo anterior, donde la fuerza resultante sobre el sistema es nula. Al considerar la fuerza resultante nula, el momentum lineal del sistema se mantiene constante. En situaciones cotidianas, en las que podemos observar el momentum lineal de los cuerpos, siempre existen fuerzas externas que hacen que el momentum lineal del sistema no se mantenga constante.

Una situación real que presenta muchas características ideales es la de una nave espacial. Esta se mueve al variar su masa, lo que le permite maniobrar en el espacio. Es decir, su movimiento se produce por la conservación del momentum lineal y no por la aplicación de una fuerza externa, ya que en él no se encuentran presentes fuerzas como el roce, que permiten el movimiento.

Al utilizar los propulsores, un satélite puede cambiar de dirección y maniobrar en el espacio. Este movimiento se debe a la conservación del momentum lineal.

INTER@CTIVIDAD

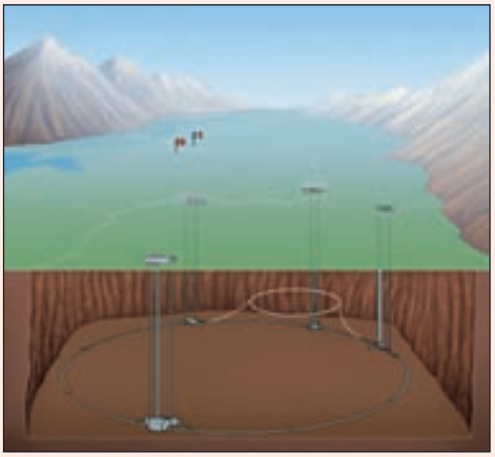
En la siguiente página encontrarás una animación donde podrás observar la conservación del momentum lineal entre el choque de dos cuerpos.
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/elastico1/elastico1.htm

Ciencia-Tecnología-Sociedad

Colisionador de partículas

Leyes macroscópicas en el mundo microscópico

La mecánica cuántica, que da cuenta del comportamiento de partículas a nivel subatómico, indica que la materia a este nivel se rige por leyes completamente diferentes a las leyes del mundo macroscópico, al mundo que podemos observar. Por lo tanto, no podemos aplicar las leyes de la mecánica clásica al mundo microscópico, pero ¿existirá alguna ley que sea válida tanto clásica como cuánticamente?



Un tipo de colisionador de partículas consiste en un anillo cerrado (también existen colisionadores lineales), el cual se encuentra al vacío para aislar completamente el movimiento de las partículas en su interior. Algunos colisionadores de partículas se encuentran muchos metros bajo tierra, de modo de prevenir problemas como la posible liberación de radiaciones.

El colisionador de partículas más grande que existe es el LHC (large hadron collider, que en español significa "gran colisionador de hadrones"), ubicado cerca de Ginebra, en la frontera franco-suiza, que se puso en funcionamiento el año 2008. Este colisionador funciona enviando un haz de protones dentro de este anillo, acelerándolos hasta alcanzar velocidades cercanas a la velocidad de la luz. En sentido contrario y dentro del mismo anillo, se lanza otro haz de protones. Estas partículas entonces colisionarán a grandes velocidades, recreando las condiciones existentes instantes después de la gran explosión que dio origen al Universo, conocido como *"big bang"*.

Este gran choque podrá producir la descomposición de las partículas, en otras más pequeñas para así poder entender como está formada la materia y cómo se dio origen a esta. Pero ¿cómo podemos conocer el comportamiento de las partículas después del choque? Lo podemos conocer, ya que hay una ley del mundo macroscópico que se cumple a nivel microscópico: la ley de conservación del momentum. Si bien las colisiones ocurren a grandes velocidades entre partículas que son estudiadas por la mecánica cuántica, la cantidad de movimiento del sistema antes de la colisión es igual a la cantidad de movimiento total del sistema después de la colisión.

Fuente: Archivo Editorial.

Respecto a la lectura, responde:

a. ¿Cuál crees que es el principal objetivo de un colisionador de partículas?

b. ¿Qué beneficios puede traer a la humanidad?

Averigua hace cuántos años existen los colisionadores de partículas y en qué otros lugares existen.

SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:

Impulso: corresponde a la _____ que se aplica durante un intervalo de _____.

El impulso se relaciona con

el momentum lineal que depende de la _____ y de la _____ .

¿De qué manera se relacionan impulso y el momentum lineal?

Si existe un impulso sobre el cuerpo existirá una variación del _____ .
El impulso siempre tendrá la dirección y sentido de la _____.

Si el impulso sobre un cuerpo es nulo el momentum lineal será _____.

¿Qué ocurre en este caso?

Si la masa del cuerpo es constante, entonces la _____ será constante.

Si la masa del cuerpo _____, entonces habrá un aumento de velocidad.

Esto se enuncia como

Conservación de momentum lineal: en ausencia de fuerzas externas, el _____ total de un sistema permanece _____ . En términos de ecuación, el producto de su _____ por su _____ no cambiará.

Algunas aplicaciones de la conservación del momentum lineal son: _____ , _____ _____ y _____.

EVALUACIÓN DE PROCESO

1. Un bloque de masa "m" inicialmente en reposo, por efecto de una explosión se divide en dos partes de masas m/3 y 2m/3, respectivamente. Si el trozo de masa m/3 se mueve hacia el norte con una velocidad de 10 m/s, ¿qué podrías decir acerca del movimiento del trozo de masa 2m/3? Explica.
2. Si un sistema se encuentra inicialmente en reposo, y el impulso sobre él es nulo, ¿podrías asegurar que el sistema sigue estando en reposo?, ¿por qué?

Indagación: Fuerza y desplazamiento

¿Cómo se relaciona la fuerza que debemos realizar para levantar un cuerpo con la altura a la que lo queremos levantar?

Al subir con tu mochila por la escalera, ¿crees que realizas el mismo esfuerzo si subes al segundo que al cuarto piso? o si pides un libro en la biblioteca, ¿es lo mismo llevarlo hasta la sala de clases que llevarlo hasta tu casa?; ¿cuál es la diferencia?

Reúnete en grupos de tres o cuatro integrantes y planteen una hipótesis a la pregunta inicial. Realicen la siguiente actividad con el fin de poner a prueba la hipótesis que plantearon.

Materiales:

- Un dinamómetro.
- Un peso (puede ser cualquier objeto).
- Hilo o pita.

Procedimiento:

1. Con los materiales realicen el montaje que muestra la fotografía.
2. Levanten el objeto unos 20 cm; tratando de mantener la fuerza constante; registren el valor de la fuerza.
3. Levanten ahora el objeto unos 40 cm, manteniendo el valor de la fuerza anterior.

Análisis

a. ¿Al levantar el objeto a una altura mayor, fue necesario aplicar una fuerza mayor?

b. ¿Qué otras variables, aparte de la fuerza, están involucradas en el experimento?

c. Enumera todas las variables de las que creas que depende el "esfuerzo".

d. ¿Verificaron la hipótesis planteada? Expliquen.

CONCEPTOS CLAVE

Un vector siempre se puede descomponer en sus componentes rectangulares, lo cual consiste en la proyección de este vector sobre los ejes cartesianos. La proyección sobre el eje X (horizontal) es la **componente x** del vector y la proyección sobre el eje Y (vertical) es la **componente y** del vector. La suma vectorial de las componentes da como resultado el vector original.

Cualquiera de las componentes siempre es de menor o igual módulo que el vector original.

4. El trabajo mecánico

En la indagación anterior relacionamos el esfuerzo necesario para mover un cuerpo, con la fuerza aplicada. Pero también observamos que dicho esfuerzo no depende solo de la fuerza, sino que también depende de la distancia a la que deseamos mover un cuerpo. A la relación entre la fuerza aplicada y el desplazamiento y, en particular, a su producto, lo llamaremos **trabajo mecánico.** Mientras mayor sea la fuerza aplicada y/o el desplazamiento logrado, mayor será también el trabajo realizado. La formulación del concepto de trabajo está dada por la siguiente expresión:

$$W = F \cdot \Delta x$$

Es importante tener presente que el tabajo se realiza siempre sobre algún cuerpo.

El trabajo es una magnitud escalar y su unidad en SI es el **joule (J)** que, según la relación anterior, corresponde a Nm (newton-metro). En la ecuación consideraremos el módulo de la fuerza y el módulo del desplazamiento.

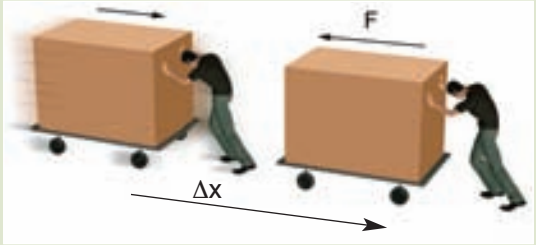
4.1 Trabajo y dirección de la fuerza

Como ya sabemos, una fuerza es una magnitud vectorial, y como el trabajo depende de la fuerza, entonces, también dependerá de la dirección en la que se aplique la fuerza.

- Si la fuerza está en la dirección del desplazamiento, entonces toda la fuerza realiza trabajo. Por lo tanto, el trabajo lo calculamos como:

$$W = F \cdot \Delta x$$

- En este caso, como la fuerza no está en la misma dirección del movimiento, debemos considerar la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento, por eso trabajaremos con la componente x de la fuerza o F_x, resultando $W = F_x \cdot \Delta x$.



- Como en este caso la fuerza se opone al movimiento, entonces la fuerza será negativa con respecto al desplazamiento; por consecuencia, el trabajo será negativo, y lo calcularemos de la siguiente manera $W = -F \cdot \Delta x$.

4.2 ¿Cuándo una fuerza realiza trabajo?

Identificar-analizar

Actividad 3

Identificando las fuerzas que realizan un trabajo

1. Empuja tu cuaderno o tu libro sobre la mesa.
2. Identifica todas las fuerzas que están actuando sobre el libro.
   a. ¿Qué fuerzas están afectando el desplazamiento?, ¿cuáles no lo afectan?
   b. Si aplicas una fuerza sobre la mesa, pero sin que esta se mueva, ¿aquella fuerza realiza trabajo? Explica.

En la actividad anterior pudiste deducir que al empujar el libro, la fuerza peso y la fuerza normal no están afectando directamente el desplazamiento; por lo tanto, estas fuerzas no realizan trabajo. Sin embargo, si el libro estuviese en un plano inclinado, el peso sí realizaría trabajo, ya que el libro se desplazaría por efecto de esta fuerza. Por lo tanto, podemos concluir que una fuerza realiza trabajo cuando esta actúa en la dirección del movimiento, o alguna de sus componentes se encuentra en esta dirección. Si la fuerza es perpendicular al desplazamiento, no hay componente de fuerza en dicha dirección; por lo tanto, no habrá un trabajo realizado por ella.

Una fuerza no efectúa trabajo sobre un cuerpo cuando:

- La fuerza es perpendicular al desplazamiento.
- La fuerza aplicada no logra producir desplazamiento en el cuerpo.

¿Qué sucedería si…?

Una nave espacial viaja desde Júpiter hasta la Tierra. Durante todo el trayecto mantiene su velocidad constante, y como sabemos, en el espacio no hay roce. En este viaje, ¿se efectúa un trabajo para que la nave recorra dicha distancia?

Si la fuerza que se aplica sobre el auto no logra desplazarlo; entonces, dicha fuerza no realiza un trabajo.

El peso del canasto no realiza trabajo, puesto que el desplazamiento es perpendicular a dicha fuerza.

Ten presente que:

- No siempre que ejerces una fuerza estás realizando trabajo. Muchas veces asociamos el concepto de trabajo con "cansarse", pero en física el trabajo mecánico es realizado cuando una fuerza logra vencer una resistencia a lo largo de una trayectoria.

Investigación científica

¿Qué relación hay entre el ángulo en que se aplica una fuerza y el trabajo realizado por ella?

Una fuerza es una magnitud vectorial, es decir, no solo importa el módulo de la fuerza, sino que también la dirección y sentido con que esta se aplique. ¿Existirá una relación entre el ángulo de aplicación y el trabajo efectivo que realice una fuerza? Reúnanse en grupos de 3 ó 4 integrantes y planteen una hipótesis a la pregunta inicial.

Materiales

- Un dinamómetro o resorte.
- Un cuaderno con espiral.

Procedimiento

1. Enganchen el dinamómetro al espiral del cuaderno (ver figura).
2. Traten de desplazar el cuaderno horizontalmente tirando el dinamómetro y formando con él un ángulo cercano a 70° con la horizontal.
3. Repitan el procedimiento, pero esta vez formen un ángulo de 45° con la horizontal.
4. Tiren del dinamómetro, pero esta vez la dirección y sentido del movimiento (horizontal) debe coincidir con la dirección de la fuerza aplicada (dinamómetro).

Análisis

a. ¿Cómo debió ser la magnitud de la fuerza aplicada, en cada uno de los casos, para lograr desplazar horizontalmente el cuaderno?

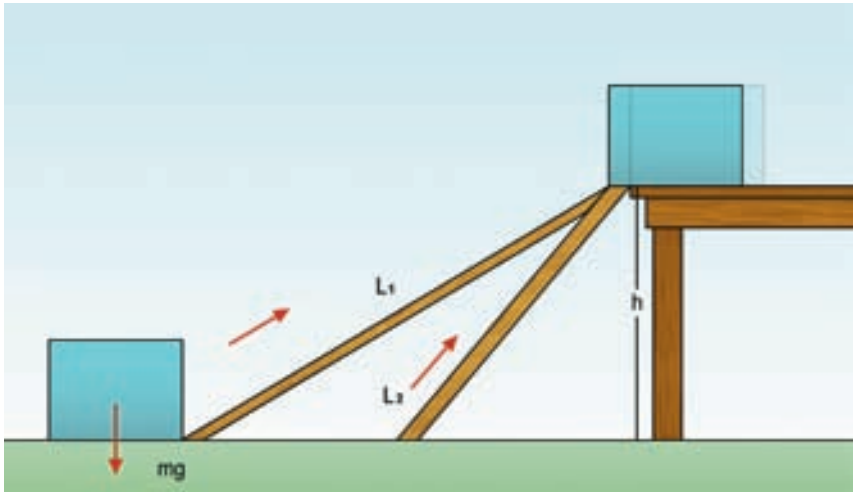
b. ¿En todos los casos se realizó un trabajo?

c. ¿En qué caso el trabajo se pudo realizar con menor dificultad?, ¿por qué?

d. ¿Qué relación establecerían entre la fuerza para trasladar un objeto y el ángulo de aplicación de dicha fuerza?

4.3 ¿De qué depende el trabajo realizado sobre un cuerpo?

Cuando queremos subir un cuerpo hasta una altura **h** debemos realizar un trabajo, ya que la resistencia que se debe vencer en este caso es el peso (mg) del cuerpo; por lo tanto, debemos aplicar sobre él una fuerza contraria al peso.



En la figura se desea subir la caja sobre la mesa; para ello se dispone de dos caminos, L_1 y L_2, en los que despreciaremos la fuerza de roce. ¿Por cuál de los dos caminos crees que es menor el trabajo a realizar?

Consideremos el camino L_1

El ángulo de L_1 con la horizontal es menor que el ángulo que forma L_2 con la horizontal. Como vimos en la investigación anterior, a menor ángulo con la horizontal menor debe ser la fuerza aplicada; sin embargo, al ser mayor la longitud de L_1, el desplazamiento es mayor.

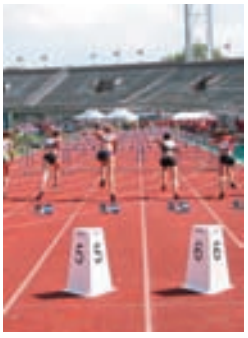
Consideremos el camino L_2

El ángulo de L_2 con la horizontal es mayor, por lo que la fuerza para mover la caja debe ser mayor respecto de la fuerza que se aplica en L_1; sin embargo, el desplazamiento es menor.

El trabajo que se debe realizar para subir la caja por L_1 o L_2 es exactamente el mismo, ya que para uno (L_1), la fuerza requerida será menor, mientras que el desplazamiento es mayor, y para el otro (L_2), la fuerza debe ser mayor, pero el desplazamiento menor.

Conexión con... deportes

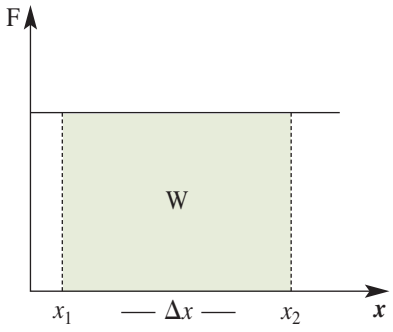
En todos los deportes está involucrado el concepto de trabajo mecánico. Observa las siguientes imágenes y señala cuál es la acción que realiza cada atleta en la que se evidencia un trabajo mecánico.



Por efecto de la fuerza de atracción gravitacional, la Luna gira en torno a la Tierra. ¿Cómo será el trabajo efectuado por la fuerza gravitacional en este caso? ¿Cuál será la representación gráfica de esta situación?

4.4 Método gráfico para calcular el trabajo

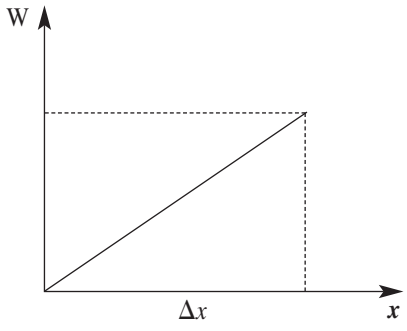
Si empujamos un carrito con una fuerza constante, este se moverá también con aceleración constante y su despazamiento se incrementará cada segundo. Al hacer un gráfico que relacione la fuerza y el desplazamiento, el comportamiento es el siguiente:



Como la fuerza es constante, no cambia su valor a lo largo del desplazamiento. En el gráfico de fuerza vs. desplazamiento, podemos determinar el trabajo realizado entre las posiciones x_1 y x_2 calculando el área sombreada.

El área de un rectángulo se calcula como el producto de la base por la altura, en este caso, la base del rectángulo sombreado es Δx y su altura es *F*. Entonces el trabajo realizado entre x_1 y x_2 está dado por: $W = área = F \cdot \Delta x$. Por lo tanto, a mayor desplazamiento mayor será el trabajo realizado.

Si para la situación anterior graficamos el trabajo en función del desplazamiento, obtenemos:



Al analizar el gráfico se aprecia que el trabajo aumenta uniformemente con el desplazamiento. Cuando el desplazamiento es cero, el trabajo es nulo. Si a partir del gráfico fuerza vs. desplazamiento se puede obtener el trabajo, entonces en un gráfico trabajo vs. desplazamiento podemos obtener la fuerza. La pendiente de este gráfico representa la fuerza aplicada sobre el cuerpo; como la pendiente es constante, esto indica que la fuerza también es constante.

A partir de este razonamiento, ¿podrías indicar qué representa la pendiente de un gráfico trabajo vs. tiempo?

EJEMPLO RESUELTO 2

Trabajo efectuado por la fuerza peso

Un joven estudia con un libro en su mano, en el balcón del tercer piso de su colegio (a 7,5 m del suelo).

La masa del libro es de 1 kg. Luego de un tiempo; el libro se le cae por efecto de la fuerza de gravedad. Calcular:

a. el trabajo efectuado por el joven sobre el libro mientras lo sostiene.
b. el trabajo realizado por el peso sobre el libro al caer.

a. Para sostener el libro, el joven debe ejercer sobre él una fuerza igual, en magnitud, al peso del libro.

$$p = mg = 1 \times 9,8 = 9,8\ N$$

Como el desplazamiento del libro es cero, aunque el joven ejerza una fuerza no hay trabajo realizado.

$$W = 0\ \ J$$

b. Al caer el libro hay una fuerza que produce este movimiento, el peso, y existe desplazamiento; por lo tanto, hay un trabajo realizado por el peso.

$$F = p = mg = 9,8\ N$$

$$\Delta x = 7,5\ \text{m}$$

Como el trabajo es el producto de la fuerza y el desplazamiento, y en este caso el movimiento es en la misma dirección de la fuerza:

$$W = F \cdot \Delta x = 9,8 \times 7,5 = 73,5\ J$$

La fuerza está dirigida en el mismo sentido del movimiento; por lo tanto, el trabajo es positivo, y es de 73,5 *J*.

4.5 Potencia mecánica de un trabajo

Inferir

Actividad 4

Trabajo y tiempo

Imagina la siguiente situación. En un parque hay dos piscinas del mismo tamaño. El resumidero de ambas piscinas está tapado, por lo que deben ser vaciadas. En la primera utilizan un balde para sacar el agua demorando 6 horas en vaciarla por completo; para la segunda piscina se utiliza una motobomba y demoran 1 hora en vaciarla.

Responde

a. ¿En cuál de los casos el trabajo realizado es mayor?

b. ¿Cómo crees que influye el tiempo en la realización de un trabajo?

c. ¿Es el trabajo independiente del tiempo?

En la situación de la actividad anterior, seguramente dedujiste que al vaciar las piscinas iguales utilizando dos métodos distintos, el trabajo realizado fue exactamente el mismo. Sin embargo, el tiempo invertido en efectuar dicho trabajo fue distinto para cada una de las piscinas.

La magnitud que relaciona el trabajo (W) con el tiempo (t) se llama **potencia** y corresponde al trabajo realizado por unidad de tiempo. La expresión que representa la potencia mecánica es:

$$P = \frac{W}{t}$$

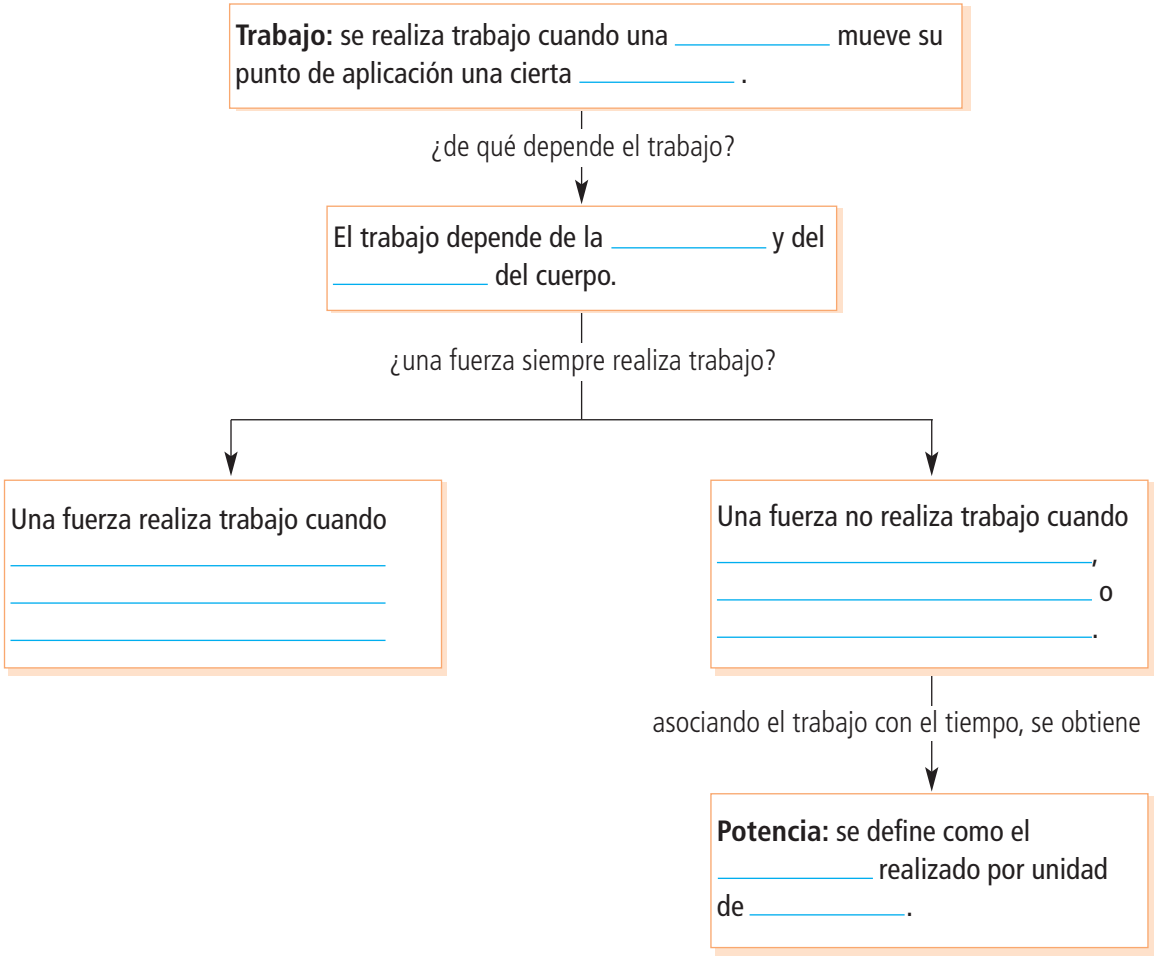
También el concepto de potencia se puede interpretar como la rapidez con que cambia la energía de un sistema. La potencia en SI se mide en **watt (W)** en honor del inventor escocés **James Watt** (1736-1819), quien hizo grandes aportes en el desarrollo de la máquina a vapor, $1\ W = 1\ J/s$.

Ten presente que:

- Existen diferentes sistemas de medidas en donde los conceptos físicos vistos son medidos en otras unidades; por ejemplo, en el sistema inglés de medidas, la potencia se mide en caballo de potencia o HP, del término inglés *horse power*, donde 1 HP= 745,7 W.

SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:


Trabajo: se realiza trabajo cuando una _____ mueve su punto de aplicación una cierta _____ .
¿de qué depende el trabajo?
El trabajo depende de la _____ y del _____ del cuerpo.
¿una fuerza siempre realiza trabajo?
Una fuerza realiza trabajo cuando
_____
_____
_____
Una fuerza no realiza trabajo cuando
_____ ,
_____ o
_____ .
asociando el trabajo con el tiempo, se obtiene
Potencia: se define como el _____ realizado por unidad de _____ .

EVALUACIÓN DE PROCESO

1. Una persona toma en su mano un libro y lo sube verticalmente con velocidad constante. ¿La fuerza aplicada sobre el libro realiza trabajo?, ¿por qué?; ¿el peso realiza trabajo sobre el libro? Explica.
2. Una fuerza de 10 N actúa sobre un cajón y lo desplaza 5 m. ¿Podría una fuerza de 2 N realizar el mismo trabajo que la de 10 N?, ¿cuál sería el desplazamiento?
3. Una grúa levanta un bloque de 50 kg hasta una altura de 10 m en 5 s. Una segunda grúa levanta un bloque de masa 80 kg hasta una altura de 8 m en 4 s. ¿Cuál de las dos grúas desarrolla una mayor potencia?
4. "Siempre que actúa una fuerza sobre un cuerpo en movimiento hay un trabajo realizado por ella". ¿Es eso correcto?, ¿por qué?

Indagación: Trabajo y energía

¿En qué condiciones un cuerpo puede realizar un trabajo?

Sabemos que una fuerza al vencer algún tipo de resistencia realiza un trabajo. La siguiente actividad les permitirá conocer algunas condiciones que debe cumplir un cuerpo para poder realizar un trabajo o cuándo una fuerza es capaz de producir un movimiento. Reúnanse en grupos de 3 ó 4 integrantes y planteen una hipótesis a la pregunta inicial.

Para poner a prueba su hipótesis; realicen el siguiente experimento.

Materiales:

- Bolitas de acero o vidrio de distintos tamaños.
- Dos reglas de la misma longitud.
- Cinta adhesiva.
- Papel milimetrado
- Caja de fósforos.
- Cinta métrica.
- Libros.

Procedimiento:

1. Con las dos reglas y la cinta construyan un riel y pongan uno de sus extremos sobre un libro (ver dibujo). Al final del riel coloquen la caja de fósforos.
2. Midan la altura a la que se encuentra la parte superior del riel.
3. Suelten la bolita, de modo que al llegar a la parte inferior golpee la caja de fósforos.
4. Sobre el papel milimetrado midan la distancia que alcanza la caja.
5. Sin cambiar la inclinación del riel, utilicen una bolita de mayor masa y repitan el procedimiento.
6. Pongan otro libro, para así aumentar la inclinación del riel. Midan la nueva altura y repitan el procedimiento para las tres bolitas.

7. Realicen la actividad para cuatro alturas diferentes.

8. Completen la siguiente tabla y grafiquen para cada bolita la altura del riel vs. la distancia alcanzada por la caja de fósforos.

	Distancia alcanzada por la caja de fósforos		
Altura del riel	Bolita 1	Bolita 2	Bolita 3

Copia en tu cuaderno

Análisis:

a. ¿Qué podrían decir acerca de la relación entre la masa y la distancia alcanzada por la caja de fósforos?, ¿a qué creen que se debe esto?

b. ¿Qué podrían concluir acerca de la relación entre la altura del riel y la distancia alcanzada por la caja de fósforos?, ¿qué explicación podrían dar para esto?

c. ¿Cómo podrían relacionar el trabajo realizado sobre la caja con la rapidez y la masa de la bolita?

d. ¿Qué fuerza produce el movimiento de la bolita?

e. ¿Qué fuerza realiza el trabajo sobre la caja de fósforos? Dibuja un esquema de la situación, identificando las fuerzas que están actuando.

f. ¿Se verificó la hipótesis? Expliquen.

¿QUÉ SUCEDERÍA SI…?

El trabajo que puede realizar un cuerpo depende tanto de la masa como de la rapidez, pero ¿qué ocurriría si fuese independiente de la masa? Si un camión y un auto con la misma velocidad chocaran con una muralla, ¿producirían el mismo daño? ¿Y si tú empujaras la muralla con la misma velocidad que el automóvil? ¿Y si una mosca chocara la muralla con esta velocidad?

5. ¿Qué es la energía?

En la actividad de indagación pudiste comprobar que un objeto, al ejercer una fuerza sobre otro, puede producir un desplazamiento y así realizar un trabajo. Pero, ¿qué necesita un cuerpo para efectuar un trabajo?

Pudimos observar, en la indagación, que el trabajo realizado por la bolita depende directamente de su masa, ya que, a mayor masa de la bolita, mayor es el desplazamiento que logra la caja de fósforos. Por lo tanto:

El trabajo que pueda realizar un cuerpo depende de su masa.

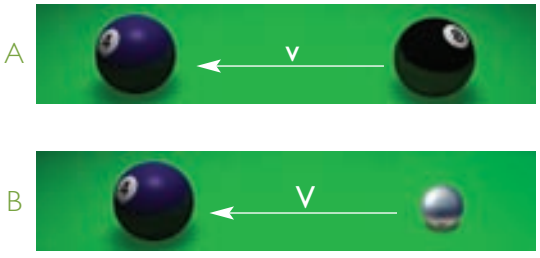
Por otro lado, comprobamos en la indagación, que al aumentar la altura del riel aumenta la rapidez con que la bolita golpea la caja de fósforos, y mientras mayor sea la rapidez, mayor es el desplazamiento alcanzado por la caja de fósforos. Por lo tanto:

A mayor rapidez del cuerpo, mayor es su capacidad de realizar trabajo.

A la capacidad que posee un cuerpo o sistema para efectuar un trabajo mecánico (ya sea por su masa o rapidez) se denomina **energía mecánica.** Este término proviene del griego ***energos,*** que significa acción de una fuerza trabajando. Su unidad de medida en el SI es el joule (J), donde:

$$1\ \text{J} = 1\ \frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2} = 1\ \text{N}\cdot\text{m}$$

Actualmente, el concepto de energía es más amplio que el que acabamos de enunciar, entendiéndose como una magnitud escalar abstracta que se asocia a la dinámica de los sistemas y a la materia en sí. Con el desarrollo de la Física, el concepto de energía ha ido adquiriendo cada vez un papel de mayor importancia.



La rapidez de la bola 8 antes de chocar con la bola 4 es "v" (A). Para que la otra bola de menor masa realice el mismo trabajo (B), esta debe tener una rapidez mayor para compensar la diferencia de masa.

5.1 Energía cinética

Imagina que estás de pie y una persona viene caminando y por casualidad choca contigo; ella ejerce una fuerza sobre ti haciendo que te muevas. Pero si la persona que choca contigo en lugar de venir caminando viene corriendo, ¿la fuerza y el desplazamiento que experimentas será el mismo? Claramente no, ya que mientras mayor sea la rapidez de la persona, mayor es el trabajo que puede realizar.

La energía cinética que adquiere el atleta en la carrera se convierte en trabajo mecánico en el salto.

La capacidad que tiene un cuerpo que se mueve para realizar un trabajo se denomina **energía cinética** y la posee todo cuerpo en movimiento. Por ejemplo: el viento (aire en movimiento), un río o las olas del mar (agua en movimiento), un pez nadando o un jugador de fútbol que corre para alcanzar la pelota. La energía cinética siempre tiene un valor positivo, pues no depende de la dirección del movimiento. Cuando un cuerpo tiene energía cinética es capaz de realizar un trabajo mecánico al transferir esta energía a otro cuerpo desplazándolo. Si deseamos medir el trabajo que es capaz de realizar un cuerpo en movimiento, debemos conocer su energía cinética. La energía cinética depende de la masa (m) del cuerpo y del cuadrado de su velocidad (v^2). Estos factores se relacionan de la siguiente forma:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Al aplicar una fuerza sobre un cuerpo se le transfiere energía cinética. Esta transferencia hace variar la energía cinética inicial del cuerpo, pudiendo aumentarla o disminuirla. Esta variación de energía es equivalente al trabajo realizado sobre el cuerpo, lo que se expresa de la siguiente forma:

$$\Delta E_c = W$$

$$E_{c(final)} - E_{c(inicial)} = W$$

Reflexionemos

Una gran cantidad de accidentes automovilísticos se producen por imprudencias del conductor, principalmente por exceso de velocidad. Al ir a gran velocidad, un automóvil posee una gran energía cinética, tiene la capacidad de realizar un trabajo de gran magnitud, y, por tanto, ejercer una fuerza de gran tamaño; esto puede traer graves consecuencias. ¿Por qué es importante respetar las leyes del tránsito? ¿Cómo podrías crear conciencia acerca de respetar los límites de velocidad?

5.2 Energía potencial gravitatoria

Inferir-analizar

Actividad 5

Energía que depende de la posición

Reúnete en grupos de 3 ó 4 integrantes y realicen la siguiente actividad.

Materiales: dos bolitas de acero o vidrio de diferente tamaño, una caja con arena.

1. Pongan sobre el suelo la caja con arena.
2. Levanten hasta una altura de unos 30 cm la bolita más pequeña y déjenla caer sobre la caja con arena.
3. Levanten ahora la misma bolita hasta una altura de unos 2 m y déjenla caer sobre la caja con arena.
4. Repitan el procedimiento con la otra bolita.
   a. ¿Qué efectos ocasionó sobre la arena la caída de las bolitas?
   b. ¿Cómo se relaciona la altura desde la que cae la bolita con el efecto producido en la arena?
   c. ¿Qué ocurrió al soltar la bolita de mayor masa?
   d. ¿Qué diferencia se aprecia en el efecto sobre la arena al aumentar la masa?

Conceptos clave

El campo gravitacional terrestre es la interacción (fuerza) por unidad de masa que experimentan otros cuerpos en la región del espacio que rodea a la Tierra. Matemáticamente el campo gravitatorio puede ser descrito por un campo de vectores.

En la actividad anterior se pudo observar que los efectos causados sobre la arena fueron distintos, dependiendo de la altura de la que se dejó caer la bolita y de la masa de esta. Para levantar la bolita a una mayor altura se debe hacer un mayor trabajo y al soltarla esta transfiere dicho trabajo a la arena en forma de energía. La energía transferida por la caída depende tanto de la altura desde la que cae el cuerpo como de su masa.

A esta capacidad para realizar trabajo en función de la altura y la masa la llamaremos **energía potencial gravitatoria** y recibe este nombre debido a la existencia del campo gravitacional terrestre. La expresión matemática que representa la energía potencial gravitatoria cerca de la superficie terrestre es:

$$E_g = m \cdot g \cdot h$$

Donde m corresponde a la masa del cuerpo medida en kg; g, a la aceleración de gravedad (9,8 m/s^2 en la superficie terrestre) y h a la altura medida en m.

Si sobre un cuerpo que está ubicado a una altura h_i actúa una fuerza que lo desplaza hasta una altura h_f, su energía potencial experimentará una variación equivalente al trabajo mecánico realizado por la fuerza sobre él. Es decir:

$$\Delta E_g = W$$

La energía potencial no realiza trabajo directamente, sino que la energía potencial puede convertirse en movimiento, y es debido a este movimiento que se realiza trabajo.

5.3 Energía potencial elástica

La energía potencial la relacionamos con la capacidad de producir movimiento. Pero esta capacidad no es exclusiva del peso. ¿Con qué otro elemento podemos asociar la energía potencial?

OBSERVAR-INFERIR

Actividad 6

ACUMULANDO ENERGÍA EN UN RESORTE

Materiales: un resorte de compresión (algunos lápices de pasta tienen uno en su interior) y un objeto liviano como una bolita de papel.

1. Mide la longitud del resorte y fija uno de sus extremos.
2. Comprime el resorte un tercio de su longitud y en el extremo libre ubica la bolita de papel y luego suéltalo.
3. Comprime el resorte al máximo. Vuelve a colocar la bolita y suéltalo.
   a. ¿Qué diferencia hay al soltar la bolita en las dos situaciones?
   b. ¿Qué similitud existe entre este fenómeno y mantener un objeto en altura?

En la actividad anterior vimos que la energía potencial se puede transformar en movimiento; en este caso hablamos de **energía potencial elástica.**

Mientras mayor sea la compresión del resorte, mayor será la velocidad que puede adquirir el cuerpo que recibe esta energía. Para encontrar una expresión que describa la energía potencial asociada con la fuerza que se aplicada sobre el resorte, debemos recordar la ley de Hooke, modelada por $F_R = -k \cdot x$. Al determinar el trabajo que se requiere para comprimir (o estirar) el resorte desde su posición de equilibrio hasta una posición arbitraria x, es necesario aplicar una fuerza entre 0 y $k \cdot x$. Al utilizar un valor promedio para dicha fuerza, es decir, $\bar{F} = (0 + k \cdot x)/2$, obtendremos que el trabajo realizado por ella será:

$$W = \bar{F} \cdot x = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

El trabajo realizado se almacena en el resorte comprimido en forma de energía potencial elástica como:

$$E_e = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

Donde k es la constante de elasticidad del resorte medida en N/m y x es la elongación del resorte medida en m.

Si sobre un resorte actúa una fuerza que hace que su longitud varíe de x_i (longitud inicial) hasta x_f (longitud final), su energía potencial elástica experimenta una variación equivalente al trabajo mecánico: $\Delta E_e = W$

La tensión del arco acumula energía potencial, que se transfiere a la flecha transformándose en movimiento, es decir, en energía cinética.

Analizar

Actividad 7

Transformando energías

Hemos visto que la energía potencial gravitatoria puede transformarse en energía cinética; esto es debido a la acción del peso. Al caer un cuerpo se transforma el trabajo acumulado en forma de energía potencial, en movimiento. Pero, este proceso en que se transforma energía potencial en cinética, ¿puede ser al revés?

Reúnanse en grupos de 3 ó 4 integrantes e imaginen diferentes situaciones donde se observe la transformación de energía cinética en energía potencial gravitatoria. A continuación realicen la siguiente actividad:

Materiales

Dos objetos pequeños de diferentes masas, pero de tamaños similares.

Procedimiento

1. Lancen el objeto de menor masa hacia arriba (no muy alto).
2. Luego lancen el objeto de mayor masa hacia arriba, tratando de aplicar una fuerza de igual magnitud a la del primer lanzamiento.
3. Apliquen una fuerza mayor sobre los dos objetos al lanzarlos hacia arriba.

Análisis

a. ¿Qué ocurre con la rapidez del objeto mientras va subiendo?

b. ¿Qué ocurre con la rapidez del objeto cuando alcanza una altura máxima?

c. ¿Qué ocurre con la rapidez del objeto cuando va bajando?

d. Al lanzar el objeto de mayor masa con una fuerza similar al lanzamiento anterior, ¿cómo resultó la altura que alcanzó este?

e. ¿Qué ocurre con la altura que alcanzan los objetos cuando se aumenta la fuerza de lanzamiento?

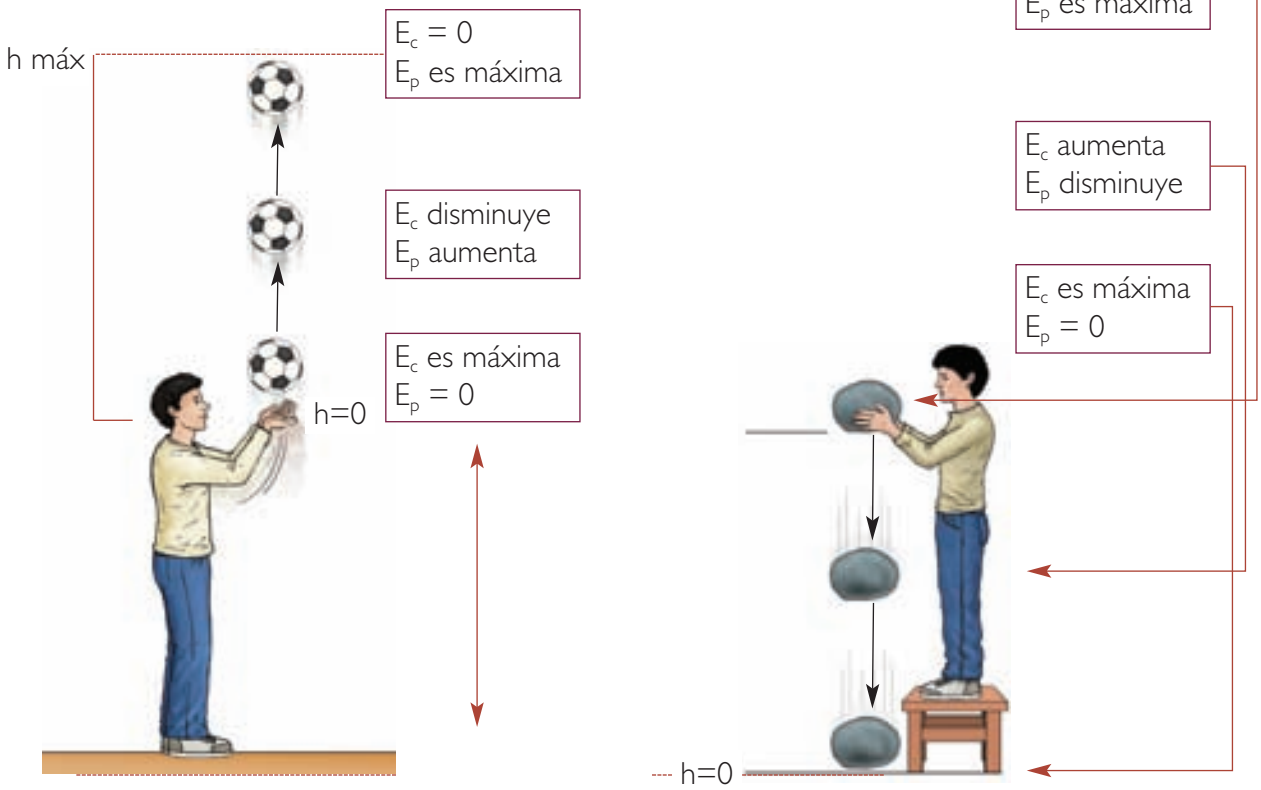
f. Si ambos objetos alcanzan la misma altura, ¿llegarán al suelo con la misma rapidez?, ¿por qué?

g. Copien y completen la siguiente tabla en sus cuadernos; en ella deben escribir en qué momentos creen que la energía cinética y la potencial del objeto lanzado alcanza valores máximos y mínimos.

	Valor máximo	Valor mínimo
Energía cinética	Copia en tu cuaderno	
Energía potencial		

5.4 Relación entre energía cinética y energía potencial

En la actividad anterior observamos cómo la energía cinética también se puede transformar en energía potencial, y que un cuerpo puede tener de forma simultánea energía cinética y potencial. En las ilustraciones podemos ver un lanzamiento vertical (como el de la actividad anterior) y una caída. En cada una de las situaciones se describe cómo varía la energía cinética y la potencial.



Al lanzar un objeto verticalmente hacia arriba, ¿de qué depende la altura máxima que alcanza? Se podría pensar que depende de la masa, ya que al lanzar dos objetos de distinta masa con la misma fuerza, aquel de mayor masa alcanza una menor altura. Pero en realidad no depende de la masa, sino que de la velocidad inicial. Lo que sucede es que al lanzar el objeto de mayor masa con la misma fuerza que el objeto liviano, su velocidad inicial es menor, y por eso alcanza una altura menor, pero si los dos objetos son lanzados con igual velocidad inicial, alcanzarán la misma altura.

Ten presente que:

- Todo cuerpo, independiente de su masa, adquiere en una caída libre, cerca de la superficie terrestre, una aceleración de 9,8 m/s^2. Es erróneo pensar que un cuerpo cuya masa es mayor cae más rápidamente a la Tierra. La diferencia entre dos cuerpos de masas distintas que caen, no tiene que ver con la aceleración o la velocidad de caída, sino con el momentum de cada uno.

INTER@CTIVIDAD

http://www.profisica.cl/animaciones/trabajoyenergia2007.swf
En esta dirección podrás observar la relación entre energía cinética, energía potencial elástica y energía potencial gravitacional.

6. Conservación de la energía mecánica

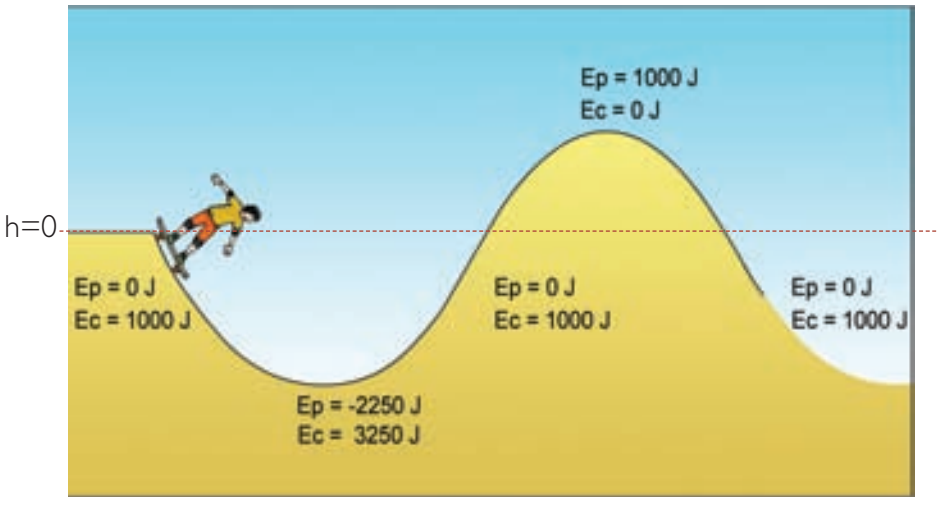
Ya sabemos que un cuerpo puede realizar trabajo en virtud de su movimiento o en virtud de su posición. Si un cuerpo se está moviendo con una cierta rapidez tiene energía cinética, pero si además se encuentra a cierta altura, tiene la capacidad de incrementar esta rapidez, por lo que tiene energía potencial. A la capacidad total de realizar trabajo mecánico la llamaremos **energía mecánica.** La energía mecánica es la suma de la energía cinética y la energía potencial.

$$E_M = E_C + E_P$$

Cuando varía una de las energías (cinética o potencial) existe también una variación de la otra: si una aumenta, la otra disminuye. Al lanzar un objeto hacia arriba, inicialmente tiene solo energía cinética, pero en el punto más alto la energía cinética es nula, ¿qué sucedió con esta energía? Se transformó en energía potencial y cuando vuelve al punto de lanzamiento, la rapidez con que llega es la misma rapidez con que sale, puesto que la energía potencial se vuelve a transformar en cinética. Si la rapidez inicial es igual a la rapidez final, entonces la energía en estos dos momentos es igual, lo que indica que **la energía total del cuerpo es constante.**

$$E_M = E_C + E_P = \text{constante}$$

Por lo tanto, cuando la energía cinética disminuye, la energía potencial aumenta en la misma cantidad.

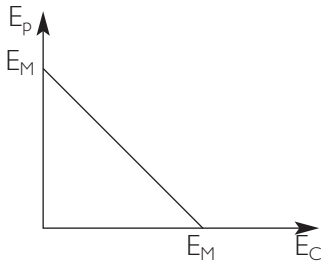


Puedes observar que la energía mecánica del joven tiene un valor constante, ya que en cualquiera de los puntos, la suma es 1000 J; por lo tanto, ese es el valor de su energía mecánica.

6.1 Graficando la energía

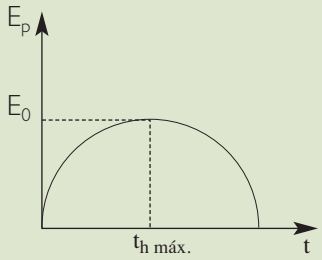
Consideremos el caso de un **lanzamiento vertical hacia arriba.**

En primer lugar veremos cómo es la relación entre la energía cinética y potencial. Cuando una de ellas es cero, la otra es máxima, y viceversa. Esto se presenta gráficamente de la siguiente forma;



Cuándo la energía cinética es cero, toda la energía mecánica es potencial. Cuando la energía potencial es cero, toda la energía mecánica es cinética.

Ahora graficaremos cada una de las energías en función del tiempo.

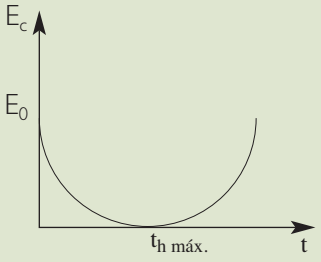


Energía potencial

Como la energía potencial depende directamente de la altura, el gráfico tiene la misma forma que el gráfico posición vs. tiempo en un lanzamiento vertical hacia arriba. Cabe notar que E_0 corresponde al valor de la energía mecánica, ya que cuando la altura es máxima, la energía potencial también lo es.

Energía cinética

La energía cinética depende directamente del cuadrado de la velocidad, por lo tanto su gráfico tendrá la forma que se presenta. La energía disminuye con la altura, siendo nula en la altura máxima, pero alcanza su máximo valor cuando la altura es mínima.



Energía mecánica

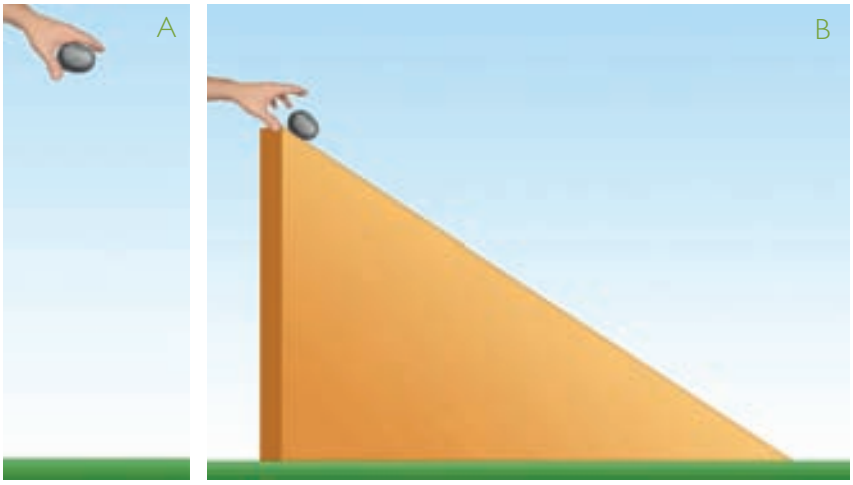
La energía mecánica es constante. Si sumáramos punto a punto el gráfico de energía cinética con el de energía potencial, todos los valores resultarían ser E_0, que corresponde al valor de la energía mecánica.

En una montaña rusa, a medida que el carro alcanza mayor altura, su energía potencial gravitatoria aumenta; mientras que, al bajar, la energía potencial se transforma en cinética, permitiendo que el carro alcance su rapidez máxima en la parte más baja de la montaña.

6.2 Aplicaciones de la conservación de la energía

¿En qué situaciones cotidianas se evidencia la conservación de la energía?

El caso más simple es la caída de los cuerpos. Por ejemplo, en el lanzamiento vertical hacia arriba de algunos objetos, pudiste observar la conservación de la energía mecánica. Cabe notar que cada energía no se conserva por separado, es decir, hay variación de energía cinética y hay variación de energía potencial, pero la energía mecánica es constante.



Si un objeto es soltado de una misma altura, pero en dos situaciones distintas, en la primera el cuerpo se suelta en caída libre (A) y en la segunda se deja caer por un plano inclinado (B). ¿Podríamos decir que en ambos casos el objeto llega al suelo con la misma rapidez? Como la masa y la altura inicial del cuerpo es la misma en ambas situaciones, su energía potencial gravitatoria inicial es igual, y por la conservación de energía este debería llegar con la misma rapidez al suelo, pero esto ocurre si consideramos que la fuerza de roce que opone el plano inclinado y el aire son despreciables (muy pequeñas). Claro está que el tiempo en que alcanza dicha velocidad es menor en el caso A que en el B.

Si un objeto se mueve con velocidad constante por un plano horizontal, no hay variación ni de energía cinética ni de energía potencial; por lo tanto, claramente la energía mecánica es constante, pero si lanzas un cuerpo por el suelo y este se detiene, ¿la energía mecánica se conserva?

7. Fuerzas conservativas y fuerzas disipativas

ANALIZAR

Actividad 8

PÉRDIDA DE ENERGÍA

1. Toma un lápiz y suéltalo desde cierta altura.
2. Analiza las fuerzas que actúan sobre el lápiz durante la caída libre.
   a. ¿Qué ocurre con la energía cinética y con la energía potencial del lápiz?
   b. ¿Qué puedes decir acerca de la energía mecánica?
3. Ahora, lanza el lápiz rodando por el suelo.
4. Analiza qué fuerzas están realizando trabajo sobre el lápiz.
   a. ¿Qué ocurre con la energía cinética y con la energía potencial del lápiz?
   b. ¿Qué puedes decir acerca de la energía mecánica?

En la actividad anterior pudiste observar lo que ocurre con la energía mecánica en ambos casos. En la primera situación hay conservación de la energía mecánica y en la segunda situación no se conserva la energía mecánica. ¿Por qué ocurre dicha diferencia? Ocurre debido al tipo de fuerza que actúa sobre el lápiz en cada uno de los casos.

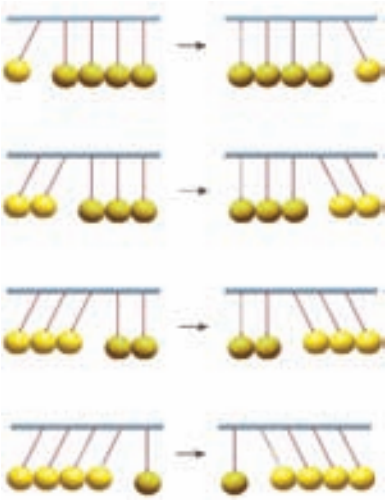
En el primero, la fuerza que realiza el trabajo es el peso. Pero el trabajo que efectúa el peso es independiente de la trayectoria, ya que solo importa el desplazamiento y la dirección de la fuerza. A este tipo de fuerzas las llamaremos **fuerzas conservativas.**

En el segundo caso, cuando lanzaste el lápiz rodando por el suelo, la energía potencial no cambia, pero la energía cinética disminuye constantemente hasta cero. Por lo tanto no hay conservación de la energía mecánica. En este caso, la fuerza que actúa sobre el lápiz es la fuerza de roce. Puedes notar que, a diferencia de la situación anterior, el trabajo que realiza el roce sí dependerá de la trayectoria, ya que si un objeto recorre una pequeña distancia sobre una superficie con roce, tendrá una variación de rapidez que será distinta si esta distancia es mayor. Cuando el trabajo realizado por la fuerza depende del camino recorrido, a este tipo de fuerza se denomina **no conservativa o fuerza disipativa.**

Si comparamos dos resbalines de la misma altura, mientras menor sea su inclinación menor es la rapidez con la que se llega abajo. Esto se explica por que la distancia recorrida es mayor, lo que aumenta la disipación de energía producto del roce.

Ten presente que:

- La energía no se pierde, solo se transforma. Entonces, no podemos hablar de una pérdida de energía por parte del cuerpo bajo la acción de una fuerza no conservativa, sino que hablamos de una disipación o transferencia, ya que hay una variación de energía mecánica, pero esta diferencia de energía mecánica se ha disipado en forma de calor y/o sonido.



El esquema representa una serie de péndulos acoplados; este péndulo es conocido como **péndulo de Newton** cuya característica principal es que en él se tiende a conservar la energía mecánica y el momentum del sistema.

8. Conservación de la energía y el momentum

Cuando dos cuerpos chocan y se conserva tanto el momentum como la energía, se habla de **choque elástico.** En todo choque elástico, no hay deformación de los cuerpos.

Si la fuerza resultante sobre el sistema es nula y si los cuerpos no sufren deformación, se conserva el momentum y la energía mecánica del sistema.

Cuando hay deformación de los cuerpos en un choque, se conserva solo el momentum y no la energía. A este tipo de interacción la llamaremos **choque inelástico.**

Por último, existe el caso de que en un choque inelástico y producto del impacto, los cuerpos permanezcan unidos después de la colisión. Si lanzas una pelota de plasticina sobre un cuerpo en reposo, estos se moverán unidos, disminuyendo la rapidez con respecto a la rapidez inicial de la plasticina, debido a que equivale a un aumento de masa del cuerpo. A este tipo de choque, donde los cuerpos permanecen unidos, se les llama **choque perfectamente inelástico.**

Cuando sueltas un cuerpo en caída libre hay conservación de la energía mecánica del cuerpo, pero no del momentum.

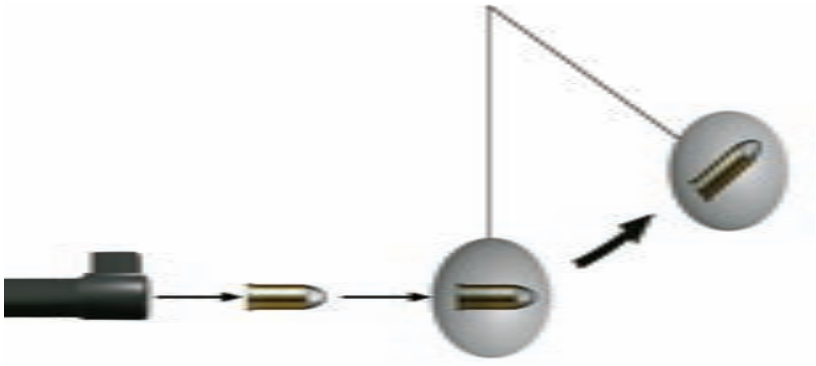
CONEXIÓN CON... TECNOLOGÍA

Una aplicación de ambas conservaciones es el péndulo balístico. Para determinar la velocidad con que sale una bala de un arma, se la hace impactar en contra de un bloque, con lo cual se produce un choque inelástico. El péndulo adquiere determinada energía cinética y al oscilar esta energía cinética se transformará en energía potencial. Conociendo la altura a la que llega, se conocerá la velocidad con que se movió inicialmente el sistema y, por conservación de momentum, con qué velocidad impactó la bala.

EJEMPLO RESUELTO 3

Aplicando la conservación del momentum y la energía

Una bala de 0,1 kg de masa y cuya velocidad es desconocida se incrusta en un péndulo balístico en reposo, cuya masa es de 9,9 kg. Al oscilar alcanza una altura máxima de 2 m. Calcular la velocidad inicial v_i de la bala.



Cuando el péndulo alcanza su máxima altura tiene solo energía potencial, pero la masa corresponde a la masa del sistema péndulo-bala.

$$m_{sistema} = m_{péndulo} + m_{bala} = 9{,}9 \text{ kg} + 0{,}1 \text{ kg} = 10 \text{ kg}$$

Entonces la energía potencial será:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 10 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m} = 196 \text{ J}$$

Por conservación de la energía, en el momento del impacto, la energía del sistema es solo cinética y de valor 196 J. Con esto podemos determinar la velocidad inicial v_s del sistema.

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v_s^2 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ kg} \cdot v_s^2 = 196$$

$$\Rightarrow \quad v_s^2 = 39{,}2$$

$$\Rightarrow \quad v_s = 6{,}3 \text{ m/s}$$

Ahora, teniendo la velocidad del sistema, por conservación de momentum, podemos calcular la velocidad inicial v_i de la bala.

$$p_{bala\ inicial} + p_{péndulo\ inicial} = p_{sistema\ final}$$

$$0{,}1 \text{ kg} \cdot v_i + 0 = 10 \text{ kg} \cdot 6{,}3 \text{ m/s}$$

$$0{,}1 \cdot v_i = 63$$

$$v_i = 630 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, la velocidad con que sale disparada la bala es de 630 m/s.

Síntesis

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:

Un cuerpo tiene la facultad de realizar trabajo cuando se encuentra en movimiento o tiene la capacidad de entrar en movimiento.

la capacidad de realizar trabajo depende de

Energía cinética: capacidad de realizar trabajo debido al _____. La ecuación de energía cinética es: _____.

Energía potencial: capacidad de realizar trabajo debido a su _____. La energía potencial para realizar trabajo debe convertirse en _____.

Energía mecánica: capacidad total de realizar trabajo mecánico. Es la suma de la energía _____ más la _____.

el movimiento se puede producir debido a

Energía potencial gravitacional: se debe a la acción de la fuerza _____. A mayor altura, _____ es la energía potencial gravitacional. Su ecuación es: _____.

Energía potencial elástica: se debe a la compresión de un _____. Mientras mayor sea la compresión, _____ será la energía potencial elástica.

Conservación de la energía mecánica: en un sistema conservativo la energía mecánica permanece _____. Si la energía potencial aumenta, la energía cinética _____ en la misma _____.

la conservación de la energía depende de

Fuerzas conservativas: el trabajo no depende de la _____, por ejemplo _____.

Fuerzas no conservativas: el trabajo _____ de la trayectoria, por ejemplo _____.

Evaluación de proceso

1. Un niño de 20 kg que parte del reposo se desliza por un tobogán cuya parte más alta se encuentra a 5 m de altura. Al llegar al suelo tiene una rapidez de 2 m/s. ¿Cuánta energía disipa la fuerza de roce?
2. Una persona, del borde de una ventana de un cuarto piso, deja caer una pelota de masa 1 kg, la que llega al suelo. Despreciando la resistencia del aire, ¿con qué rapidez llegará la pelota al suelo si el cuarto piso se encuentra a 10 m de altura?

Ciencia-Tecnología-Sociedad

Energía del viento

El viento se produce debido al calentamiento irregular de la superficie de la Tierra, por efecto de la radiación solar. Estas diferencias de temperaturas en las masas de aire crean corrientes que recorren todo el globo, desde zonas de mayor presión a otras de menor presión. Entre el 1 y 2% de la energía recibida del Sol se transforma en viento y es la energía cinética del viento (energía de movimiento) la que se utiliza para la generación de energía eléctrica.

Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer muchos factores, como las variaciones térmicas entre el día y la noche, los cambios de la velocidad que experimenta el viento a medida que varía el relieve del suelo. También es importante conocer el rango de velocidades en las que el viento puede ser utilizado; la velocidad mínima es de 12 km/h, y la máxima es cerca de los 65 km/h.

La energía del viento es aprovechada mediante el uso de máquinas eólicas (o aeromotores) capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operatrices como para la producción de energía eléctrica. En este último caso, el sistema de conversión (que comprende un generador eléctrico con sus sistemas de control y de conexión a la red) es conocido como aerogenerador.

Para aumentar la producción de energía eólica se han creado los llamados parques eólicos.

La baja densidad energética de la energía eólica por unidad de superficie trae como consecuencia la necesidad de proceder a la instalación de un número mayor de máquinas para el aprovechamiento de los recursos disponibles. El ejemplo más típico de una instalación eólica está representado por los "parques eólicos" (varios aerogeneradores conectados a una única línea que deriva en la red eléctrica). Se espera que para el 2010 la producción mundial de energía a base del viento llegue a los 160.000 MW, con una tasa de crecimiento anual de cerca del 15%. Cada vez más se están aprovechando las fuentes de energía renovables, por ser formas limpias de generar energía.

Fuente: Archivo Editorial.

Respecto a la lectura, responde:

a. ¿Cómo crees que se manifiesta la conservación de la energía en utilización de la energía cinética del viento?

b. ¿Cuál crees que es la principal importancia de utilizar energías renovables?

c. ¿En que lugar o lugares de Chile crees que sea más factible instalar aeromotores?

Al subir el carrito, su velocidad disminuye por lo que su energía cinética decrece, mientras que su energía potencial va aumentando.

El producto entre la masa y la velocidad de un cuerpo se llama cantidad de movimiento o momentum. Todo cuerpo en movimiento posee energía cinética, la que se puede expresar como:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

El roce entre la rueda y el riel es una fuerza que disipa la energía. En ausencia de dicha fuerza la energía total se conserva de modo ideal.

Línea de tiempo

(287-212 a.C.)

En la antigua Grecia, la razón predominaba en el estudio de todas las áreas de las ciencias. Es llamada la "cuna de la civilización", ya que se desarrollaron en filosofía, ciencia, arte, entre otros.

(1452-1519)

En el Renacimiento, el rasgo característico de la ciencia moderna y las revoluciones científicas es la crítica y la búsqueda de la razón.

(1596-1650)

En el siglo XVII Francia e Inglaterra se convierten en potencias de carácter mundial. España se encuentra en una crisis económica y política. En el arte predominaba el estilo barroco.

Arquímedes, físico griego que utilizaba el concepto de energía que contenían los cuerpos y su capacidad de realizar trabajo.

Leonardo da Vinci utiliza el principio de trabajo asociándolo a las componentes de las fuerzas. Plantea la teoría del "ímpetu", que transporta a los cuerpos, y el "ímpetu compuesto", según sea su movimiento.

René Descartes acuña el concepto de momentum. Plantea que la cantidad de movimiento del universo es constante.

Generalmente, cuando el carrito sube por la montaña diminuye su velocidad. Al aumentar su altura, la mayor parte de su energía mecánica se convierte en energía potencial gravitatoria $E_p = mgh$

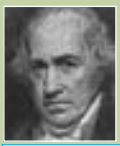
Al momento de bajar, la energía potencial gravitatoria diminuye, mientras que la energía cinética se incrementa.
Si las fuerzas disipativas del sistema son despreciables, la energía mecánica del carro $E_M = E_p + E_c$ *tendería a permanecer constante en todo momento.*

Cuando el carro se mueve de forma horizontal solo posee energía cinética. Si el sistema no tiene fuerzas disipativas, la energía mecánica es constante.

Línea de tiempo

(1643-1727)

En los siglos XVII y XVIII, se da el apogeo de la ilustración, cuyo ideal es la naturaleza a través de la razón. Es la exacerbación del renacimiento. Hay una oposición al absolutismo monárquico.



(1736-1819)

En esos años comienza el final del absolutismo, con uno de los hechos de mayor relevancia histórica: la Revolución Francesa.

Esta época, está marcada por la Revolución Industrial. Aparecen las grandes fábricas y un gran avance en las maquinarias para mejorar la producción.

(1818-1889)

Isaac Newton introduce los conceptos de energía cinética y energía potencial. Plantea que "la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma".

James Watt hace grandes aportes en el desarrollo de la máquina a vapor; el concepto de potencia mecánica se mide en watt, en honor a él.

James Joule plantea la relación entre las distintas formas de energía y su transformación de una manifestación a otra. Enuncia el principio de conservación de la energía.

Responde en tu cuaderno

Vuelve a la evaluación diagnóstica de las páginas 100 y 101 y resuélvela nuevamente. ¿Cómo crees que será tu resultado?

Comprendo

I. **Marca la alternativa correcta en las siguientes preguntas.**

1. **Si un automóvil se mueve por un plano inclinado con velocidad constante, podemos asegurar que:**

   A) la energía potencial permanece constante.
   B) el trabajo realizado por el peso es nulo.
   C) el momentum permanece constante.
   D) la energía mecánica permanece constante.
   E) el impulso es negativo.

2. **¿En cuál de los siguientes casos el impulso sobre un cuerpo de masa constante es nulo?**

   I. El cuerpo no se mueve.
   II. El cuerpo se mueve con velocidad constante.
   III. El cuerpo se mueve con aceleración constante.

   A) Solo I
   B) Solo II
   C) Solo III
   D) I y II
   E) I, II y III

3. **Un carro de montaña rusa parte de su punto más alto y llega al punto más bajo; ¿cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?**

   A) El trabajo realizado por la fuerza normal es positivo.
   B) El trabajo realizado por el peso es positivo.
   C) El trabajo realizado por la fuerza de roce es positivo.
   D) El trabajo realizado por la fuerza roce es nulo.
   E) El trabajo realizado por el peso es negativo.

Analizo

4. **Se deja caer una pelota desde una altura de 1 metro, rebota en el suelo y luego alcanza una altura de 0,8 m. ¿Cuál de las afirmaciones es correcta acerca de la energía con respecto al movimiento total?**

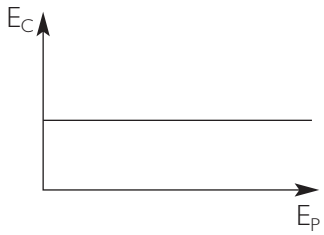
   A) La energía mecánica total permanece constante.
   B) En el contacto con el suelo, la energía mecánica desaparece.
   C) Hay disipación de energía mecánica.
   D) Solo la energía cinética permanece constante.
   E) La energía total es nula.

5. **En una caída libre, ¿qué magnitud permanece constante?**

   A) La energía cinética.
   B) La energía potencial.
   C) El momentum.
   D) El impulso.
   E) La energía mecánica.

6. **¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta con respecto al movimiento de un cuerpo representado por el gráfico que se encuentra a continuación?**

   A) La energía mecánica no se conserva.
   B) La rapidez del cuerpo es constante.
   C) Aumenta la altura a la que se encuentra el cuerpo.
   D) La energía mecánica aumenta.
   E) Todas las anteriores.



7. **Un carrito se mueve por un plano horizontal sin roce, con velocidad constante. En determinado momento cae un objeto en forma vertical sobre este carrito, manteniéndose unido a él. ¿Qué ocurre con la velocidad del carrito?**

   A) Aumenta.
   B) Disminuye.
   C) Permanece constante.
   D) El carro se detiene.
   E) Nada se puede asegurar.

Responde en tu cuaderno

Aplico

8. **Un helicóptero sube verticalmente con velocidad constante. ¿Qué ocurre con la energía potencial, cinética y mecánica, respectivamente?**

   A) Aumenta, disminuye, constante.
   B) Disminuye, aumenta, constante.
   C) Aumenta, constante, aumenta.
   D) Aumenta, constante, constante.
   E) Disminuye, constante, disminuye.

9. **En una central hidroeléctrica el agua cae desde cierta altura y, luego, al chocar, produce el movimiento de las turbinas. ¿Qué transformación puedes observar en el momento del choque?**

   A) La energía potencial se transforma en energía cinética.
   B) La energía cinética se transforma en trabajo.
   C) La energía mecánica se transforma en energía cinética.
   D) El trabajo se transforma en energía mecánica.
   E) La energía cinética se transforma en energía potencial.

10. **Un bloque m_1 de 5 kg de masa que se mueve a 10 m/s hacia la derecha, choca a otro bloque m_2 de igual masa que se encontraba en reposo sobre un plano horizontal sin roce. ¿Cuál de las siguientes alternativas no es posible después del choque?**

    A) M_1 permanece en reposo y m_2 se mueve a 10 m/s hacia la derecha.
    B) M_1 y m_2 se mueven juntos 5 m/s hacia la derecha.
    C) M_1 se mueve 2 m/s hacia la izquierda y m_2 se mueve a 8 m/s hacia la derecha.
    D) M_1 se mueve 5 m/s hacia la izquierda y m_2 se mueve 15 m/s hacia la derecha.
    E) M_1 se mueve 4 m/s hacia la derecha y m_2 se mueve 6 m/s hacia la derecha.

11. **Una persona empuja un carro de supermercado por un plano horizontal con una fuerza constante. El carro se mueve con velocidad constante. ¿Cuál de las siguientes alternativas es falsa con respecto al trabajo realizado sobre el carro?**

    A) El trabajo realizado por la fuerza neta es positivo.
    B) El trabajo realizado por la fuerza de roce es negativo.
    C) El trabajo realizado por la fuerza aplicada es positivo.
    D) El trabajo realizado por la fuerza normal es nulo.
    E) El trabajo realizado por el peso es nulo.

¿Cómo podemos transformar energía?

Antecedentes

Diariamente, y para distintas actividades, utilizamos diversas manifestaciones de la energía, como son: la energía eléctrica, la energía térmica, la energía mecánica, etc. Muchas de ellas son el producto de la transformación de otro tipo de energía.

1. Objetivo

Transformar alguna forma de energía renovable —solar, eólica, mecánica— en energía eléctrica factible de utilizar.

2. Planificación

- Definan cuál es la fuente de energía renovable que van a utilizar.
- Hagan una lista de las energías renovables con las que cuentan, por ejemplo: energía solar, eólica, mecánica, etc.
- A partir de esto, formulen una hipótesis acerca de lo que esperan obtener.
- Diseñen un experimento que permita realizar esta transformación de energía. Hagan un esquema del montaje y escriban la lista de materiales a utilizar.
- Definan las variables que van a controlar y la metodología que utilizarán.
- Para orientarte en el proyecto te ofrecemos las siguientes preguntas, las cuales pueden ser de utilidad:

a. ¿qué tipos de energía utilizo diariamente?

b. ¿cuál será la fuente de energía que utilizaré?

c. ¿cómo puedo lograr la transformación de la energía?, ¿qué proceso me permite hacerlo?

d. ¿qué cuidados debo tener?

e. ¿qué utilidad tendrá el experimento planteado?

3. Ejecución

Cuando ya tengan el diseño del experimento y claro los materiales, consulten con su profesor o profesora. Luego, reúnan los materiales y realicen la actividad.

4. Evaluación y análisis

Luego de realizada la experiencia, analicen los datos u observaciones obtenidas. Describan el comportamiento y el porqué de los resultados obtenidos.

A partir de estas observaciones y análisis, den una explicación para la hipótesis planteada, mencionando las razones en los casos de haberla o no comprobado.

Unidad

4 Tierra y Universo

La vida diaria está completamente marcada por fenómenos astronómicos: la sucesión del día y la noche, las estaciones del año, la posición del Sol y la Luna. Por lo mismo, desde la más remota antigüedad se han registrado las características de aquellos fenómenos y se han hecho modelos que intentan explicar el movimiento de la Tierra, el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas, muchos de ellos basados en la superstición o la mitología. Con el advenimiento del pensamiento científico, desde la época de Galileo Galilei en adelante, se ha podido comprender en profundidad, primero el movimiento de los cuerpos celestes y luego las leyes físicas que los rigen.

Aprenderás a :

- Comprender la importancia científica y cultural de los modelos cosmológicos geocéntrico y heliocéntrico.
- Comparar distintos modelos cosmológicos relativos al Sistema Solar.
- Reconocer la importancia de las leyes físicas formuladas por Kepler y Newton para realizar predicciones astronómicas.
- Aplicar las leyes de Kepler y Newton y comprobar su valor predictivo.
- Reconocer los elementos fundamentales de investigaciones astronómicas.
- Interpretar datos sobre el movimiento de los planetas.

Actividad inicial

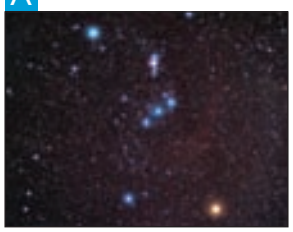
Formen un grupo de cuatro compañeras y/o compañeros y respondan las siguientes preguntas relacionadas con las fotografías.

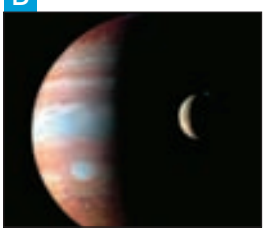
1. ¿Cuál crees que será la importancia de una observación cuidadosa, a la hora de realizar una teoría del movimiento de los planetas?, ¿qué fotografías se relacionan con aquello?
2. ¿Cómo explicarías el funcionamiento de un reloj de Sol?
3. ¿Cuál será la importancia de la predicción de fenómenos naturales, para la física?
4. ¿Es suficiente con observar las estrellas en la noche, para comprender las leyes que gobiernan sus movimientos?

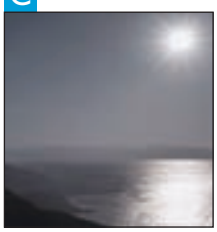
1. Un grupo de amigos discute por qué se producen las estaciones del año y proponen varias ideas. Encierra con un círculo la que te parezca más adecuada.

A	B	C	D
Se producen por la distancia de la Tierra al Sol, ya que esta es menor en verano.	En verano, el Sol aumenta de tamaño y en invierno disminuye.	La inclinación del eje terrestre y su traslación produce las estaciones.	Tiene que ver con la rotación de la Tierra sobre su eje.

2. A continuación se presentan distintas fotografías; señala cuál(es) de ella(s) muestra elementos del Sistema Solar.

A 

B 

C 

D

3. Realiza una breve descripción en tu cuaderno de las siguientes estructuras, e indica si existen en nuestro Sistema Solar.
   - Galaxia.
   - Estrella.
   - Asteroide.
   - Cometa.
   - Planeta.
   - Satélite planetario.
   - Nebulosa.
   - Constelación.
   - Agujero negro.

4. Desarrolla en tu cuaderno las siguientes preguntas:
   a. ¿cuáles son los efectos del movimiento de rotación?
   b. ¿cuáles son los efectos del movimiento de traslación?
   c. explica, en detalle, la causa de las estaciones del año. Realiza un esquema explicativo.

5. Pablo observa que la Luna, cada noche, aparece un poco más tarde sobre el horizonte, mientras que no nota mucha diferencia en las estrellas. Para explicarse el fenómeno plantea tres hipótesis, ¿cuál de ellas crees que es la más correcta?

A	B	C
La Luna tiene un período de traslación menor que la Tierra, por ello se produce el desfase.	El retraso se debe a la traslación de la Luna alrededor de la Tierra.	El movimiento de rotación de la Tierra es el que produce un retraso aparente en la Luna.

Discute las alternativas en una sesión plenaria dirigida por tu profesor o profesora: ¿qué argumentos podrías dar para justificar la alternativa que escogiste?

6. Imagina que vas a una escuela tres mil años atrás y te explican que es el Sol el que gira alrededor de la Tierra durante el día y que las estrellas están fijas en la bóveda celeste; ¿qué argumentos les podrías dar a tus maestros para contradecirlos?

7. ¿Cómo podrías ubicar la posición exacta de una estrella en el cielo?, ¿qué medidas necesitarías hacer?

Lo que me gustaría saber

- Elabora un listado de preguntas relacionadas con el Sistema Solar y el movimiento de los planetas que te gustaría poder explicar una vez finalizada esta unidad.
- Identifica fenómenos cotidianos que te afecten a ti o a tu entorno y que se relacionen con fenómenos astronómicos.

Indagación: Posición de los astros

¿Cómo determinar la posición de una estrella en el cielo?

Para poder observar con mayor precisión, es necesario utilizar instrumentos adecuados. Por ejemplo, si se quiere ubicar con exactitud una estrella o un planeta, se necesita un telescopio. ¿Crees que es posible determinar la posición de los cuerpos celestes usando materiales simples? y, de ser así, ¿cómo se podría hacer? A través de la siguiente actividad construiremos un aparato sencillo para determinar la posición de una estrella en el cielo.

Materiales

- Un transportador.
- Una bombilla de bebida.
- Hilo de volantín.
- Un peso de plomo (o cualquier objeto similar).
- Una brújula.

Procedimiento

1. Pega la bombilla justo en el borde recto del transportador, sin tapar la graduación de los ángulos.
2. En un extremo del hilo, amarra el peso de plomo; el otro debe ir fijo en el centro del transportador.
3. Para probar el instrumento, apunta a una marca dibujada en el techo, mirándola a través de la pajilla.
4. Al apuntar el objeto, el hilo con el peso de plomo marca la altura del objeto, expresado en grados. Utilizando la brújula, determina la coordenada horizontal del objeto, para ello debes situar la bombilla sobre la brújula. Anota las dos coordenadas.
5. Si las condiciones climáticas lo permiten, espera que aparezca la primera estrella al anochecer, y, apenas suceda, anota sus coordenadas de posición, la hora de aparición y el día de observación.
6. Vuelve a repetir el paso anterior al anochecer de los días siguientes.

Responde las siguientes preguntas

a. ¿Qué se podría hacer para precisar más la medida horizontal que se realiza con la brújula?

b. Ubica varias estrellas que te parezcan interesantes. Describe sus cualidades (color, tamaño) y anota sus coordenadas.

c. ¿Cuál es la importancia de la hora en tus observaciones?

d. ¿Notas alguna diferencia al observar en días consecutivos la primera estrella, a la misma hora? Explica.

1. De la observación al modelo

En la actividad anterior se pidió que observaras la primera estrella visible. En nuestro país realmente no se trata de una estrella, sino del planeta Venus, el que también es posible observar al amanecer (aparece antes que aparezca el Sol por el este). En muchos lugares rurales se le conoce como el Lucero. Si lo observaras noche a noche, te darías cuenta de que tiene un movimiento diferente a las otras estrellas, por ese motivo los antiguos griegos llamaron **planetas** a esos cuerpos celestes, que significa "errantes". A simple vista, se pueden observar Marte, Júpiter, Saturno, y en algunas ocasiones Mercurio.

1.1 Primeras observaciones

Las primeras observaciones astronómicas de las que se tiene registro fueron hechas aproximadamente cuarenta siglos antes de Cristo, en un pueblo de Asia Central. Aquel conocimiento se esparció por el resto de Asia, Europa, Egipto y Mesopotamia, donde se conocieron algunas constelaciones, se predijeron los movimientos de la Luna y se hizo un calendario basado en sus desplazamientos. Los griegos, entre los siglos VI y II a. C. aproximadamente, desarrollaron modelos geométricos para relacionarlos con sus observaciones. **Aristóteles** y la escuela pitagórica, por ejemplo, proponían un cosmos formado por esferas concéntricas que giraban alrededor de la Tierra, en las cuales los astros estaban fijos, siendo la Tierra el centro del universo.

Tanto Pitágoras como Aristóteles imaginaron un cielo formado por esferas concéntricas donde las estrellas se encontraban fijas.

CONCEPTOS CLAVE

Geométrico: relativo a la geometría, rama de la matemática que se ocupa de las propiedades del plano y el espacio.

En Mesopotamia ya se construían edificaciones especiales para realizar observaciones astronómicas.

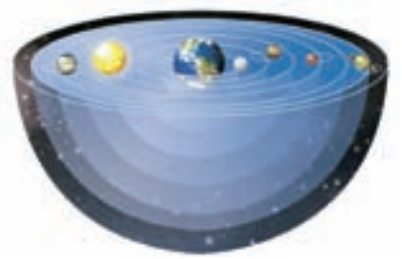
CONEXIÓN CON... ARQUEOLOGÍA

El Calendario mexica, llamado *haab* por los Mayas es un sistema de medición de tiempo empleado por los pueblos de Mesoamérica. Se cree que este sistema fue inventado por los olmecas hace aproximadamente 35 siglos, y heredado posteriormente por todas las culturas y etnias de Mesoamérica, incluyendo entre otros a los mayas, zapotecas y mexicas.

Este sistema tiene dos versiones: el llamado calendario maya, dedicado a la medición de ciclos astronómicos, y el llamado calendario náhuatl o mexica, de uso civil.

¿Qué sucedería si…?

Ponte en el caso de que el sistema de Ptolomeo fuera verdadero, ¿se podrían diferenciar las distintas esferas si todas avanzaran con la misma velocidad?



Ptolomeo estudió de manera empírica (que se basa en la experiencia para validar su conocimiento) una gran cantidad de datos existentes sobre el movimiento de los planetas, para construir un modelo geométrico que explicase sus posiciones en el pasado y fuese capaz, además, de predecir sus posiciones futuras.

Reflexionemos

¿Te has preguntado por qué se establece cierto modelo científico en una época específica? Hoy en día resulta evidente la explicación a muchos de los fenómenos que observamos a diario, pero muchas de las explicaciones que hoy tenemos son el resultado de siglos de observaciones. Vale decir, la ciencia no actúa de forma independiente a otros procesos: sociales, culturales y religiosos. Así, por ejemplo, el modelo geocéntrico responde, a su vez, a una visión social y religiosa. Muchos de los que postularon dicho modelo trataron de ser coherentes con otras visiones de la época. Los cambios en los modelos científicos se deben, en parte, a cambios sociales, culturales y religiosos.

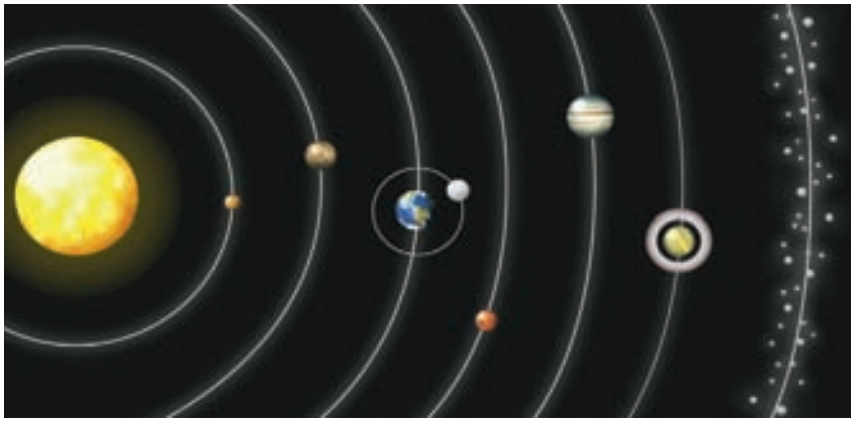
1.2 Modelos cosmológicos antiguos

Con la fundación de Alejandría, en el siglo III a. C., surge un gran centro de conocimiento; allí destacó la biblioteca de Alejandría, encargada de reunir el conocimiento de la época. Uno de sus sabios, Claudio Ptolomeo, destacó como geógrafo, matemático y astrónomo. Realizó además una detallada descripción geométrica del cosmos, que sintetizó en su tratado de astronomía "Almagesto" (que en árabe significa el más grande). Su descripción fue desde el punto de vista geocéntrico, es decir, la Tierra en el centro del universo y el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas, girando alrededor de la Tierra en distintas esferas. Curiosamente, Aristarco de Samos, en el siglo II a. C., propuso que la Tierra giraba alrededor del Sol; sin embargo, no fue tomado en cuenta y el modelo geocéntrico siguió predominando durante los siguientes 1.700 años.

1.3 El Renacimiento

Durante la época del Renacimiento, los astrónomos **Purbach** y **Regiomontano** retoman el "Almagesti". Por su parte, el astrónomo polaco **Nicolás Copérnico** (1473-1543) retomó las ideas de Aristarco de Samos, aplicando el método geométrico de Ptolomeo e Hiparco.

Copérnico postuló que el Sol ocupaba el centro del cosmos y todos los planetas giraban en círculo alrededor de él, es decir, planteó un modelo heliocéntrico del Sistema Solar. Junto con Tycho Brahe, Johanes Kepler, Galileo Galilei y más tarde Isaac Newton, comienza una nueva era de la astronomía donde se desarrollan conocimientos basados en modelos matemáticos y rigurosas observaciones instrumentales.



El cambio de la noción de un Universo basado en principios religiosos, en que la Tierra y el hombre están en el centro, por un universo infinito, alrededor del Sol, hizo dudar a Copérnico en publicar su obra, ya que esto le podía traer problemas con la Iglesia. Desafortunadamente, a causa de una enfermedad que le produjo la muerte, no alcanzó a ver su obra publicada.

1.4 El planteamiento científico

Desde muy pequeños se nos enseña que los planetas giran alrededor del Sol, por lo tanto esa idea nos parece natural, pero no sucedió lo mismo para los pensadores antiguos, que necesitaron de argumentos para defender una u otra posición. Y si se piensa imparcialmente, lo más natural es creer que la Tierra permanece fija y todos los objetos celestes, por ejemplo el Sol, se mueven cada día cruzando la bóveda celeste. Para lograr ver más allá de lo obvio, la ciencia necesita observar con precisión y luego estudiar los datos, muchas veces a la luz de la matemática.

El danés **Tycho Brahe** (1546-1601), uno de los mayores representantes de la astronomía de posición del siglo XVI, determinó la posición de los planetas con gran precisión durante muchos años, elaborando un valioso registro de sus movimientos. Para Tycho, el Sol circulaba alrededor de la Tierra (inmóvil) y el resto de los planetas giraban en torno al Sol. **Johanes Kepler** (1571-1630) pensaba que las órbitas de los planetas eran circulares y que estaban relacionadas entre sí por los llamados "sólidos perfectos"; sobre esta base accedió a las observaciones de Brahe y, aplicando sus conocimientos matemáticos, logró plantear tres leyes del movimiento planetario, debiendo aceptar que las órbitas de los planetas no eran como él lo pensaba.

CONCEPTOS CLAVE

Astronomía de posición: es aquella rama de la observación astronómica preocupada de la posición de los objetos en la bóveda celeste en un determinado tiempo.

Astronomía telescópica: se trata de observaciones que describen cualidades de objetos astronómicos, como planetas, asteroides, galaxias, nebulosas, etc. que no se pueden apreciar a simple vista.

En 1576, Federico II, rey de Dinamarca, concedió a Tycho Brahe la isla de Hveen y todos los recursos necesarios para edificar el mejor observatorio de Europa. Brahe construyó dos imponentes edificios, un palacio que llamó Uraniborg (castillo de Urania) y más tarde Stjarneborg (castillo de las estrellas), que albergaba los mejores y más grandes instrumentos astronómicos de su época.

Kepler tuvo que abandonar su modelo ideal, en el cual los planetas giraban en órbitas perfectas, pues no coincidían con los datos de las observaciones.

Investigación científica

¿Qué tipo órbita sigue la Tierra alrededor del Sol?

Luis y Macarena discuten cuál será la forma de las órbitas de los planetas, considerando que estos se mueven alrededor del Sol. Luis supone que se trata de círculos, mientras que Macarena cree que se trata de otro tipo de curvas. Para investigar posibles órbitas se les ocurre un ingenioso método, el que se explica a continuación.

Materiales

- Hojas de papel blanco.
- Un lápiz grafito.
- Un trozo de hilo de 25 cm.
- Un par de alfileres.

Procedimiento

1. Dobla el papel en la mitad (a lo largo) y clava los dos alfileres separados a unos 15 cm a lo largo de la marca del doblez. Ubica el papel sobre una madera u otra superficie que se pueda perforar.
2. Dibuja el Sol sobre la hoja en la posición de uno de los alfileres y anuda ambos alfileres con el hilo.
3. Con el lápiz toca el hilo y desplázalo hasta que quede tenso, de modo que se forme un triángulo que tenga por lados dos trozos de hilo y la línea del doblez de la hoja.
4. Apoya el lápiz sobre la hoja y traza la curva a medida que sigues el lazo, cuidando que el hilo siempre esté tenso.

Análisis

a. ¿Qué ocurre si alejas los alfileres entre ellos?, ¿qué ocurre si los acercas?

b. ¿Cuál es la curva que se obtiene si ocupas solamente un alfiler en el centro de la hoja? Compruébalo.

c. ¿Cuál es el plano que contiene a la curva que acabas de construir?

d. ¿Crees que los planetas puedan seguir órbitas alrededor del Sol, como las dibujadas en el papel?

e. ¿Qué otro tipo de trayectoria crees que podrían tener?

f. ¿Son abiertas o cerradas las órbitas de los planetas?

2. Órbitas planetarias

Las curvas que construiste en la investigación de la página anterior se denominan **elipses**, mientras que los puntos donde clavaste los alfileres se conocen como los **focos**. Cuando utilizaste solamente un alfiler, la curva obtenida fue una **circunferencia**. Ambas curvas fueron durante mucho tiempo las principales candidatas a ser las órbitas de los planetas, pero para decidirse había que basarse en hechos reales y para ello sirvieron los datos recolectados durante muchos años por Tycho Brahe.

En 1543, el astrónomo polaco Nicolás Copérnico propuso un modelo de Sistema Solar con el Sol ubicado al centro, lo que contradecía la idea dominante de la época: el modelo de Ptolomeo, con la Tierra inmóvil al centro del Sistema Solar. Copérnico utilizó el concepto de revolución al referirse al sistema celeste, donde un cuerpo gira en torno a otro. En el modelo de Copérnico los planetas giraban en órbitas circulares en torno al Sol.

Copérnico creía que los planetas completaban revoluciones circulares alrededor del Sol, pero le faltaba la evidencia para demostrarlo.

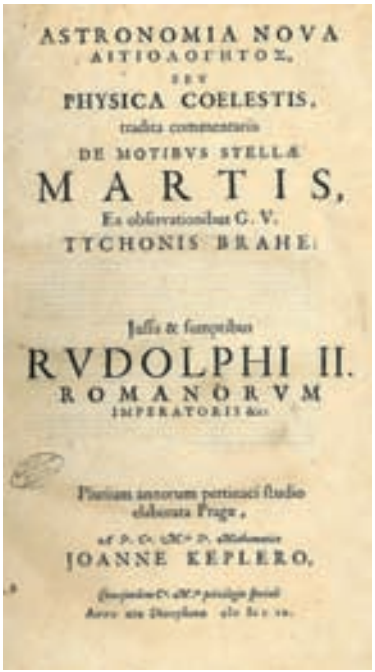
Aquellas ideas eran conocidas por Kepler, pero necesitaba comprobarlo con datos reales, mediciones que fueron hechas en su época, solamente con instrumentos graduados en ángulos que registraban las posiciones relativas de los planetas, y sin la ayuda de telescopios. Kepler tomó los registros del movimiento de los planetas obtenidos por Brahe, e intentó mostrar que las órbitas eran circulares, pero, para su sorpresa, tuvo que admitir que las elipses eran las curvas que mejor se adaptaban a dicho movimiento.

Copérnico, Brahe y Kepler no contaban con telescopios; aún faltaban aproximadamente treinta años para que Galileo, en 1609, utilizara el primero. En esa época, los instrumentos que se utilizaban, como el cuadrante o la esfera armilar, servían principalmente para determinar la posición de los astros en el cielo. Un cuadrante (instrumento utilizado para medir ángulos), como cualquier instrumento graduado, es más preciso mientras más grande es. Brahe fabricó cuadrantes de hasta dos metros de radio. Se necesitaban varias personas para moverlo. Una esfera armilar, conocida también con el nombre de astrolabio esférico, es un modelo de la esfera celeste utilizada para mostrar el movimiento aparente de las estrellas alrededor de la Tierra o el Sol.

La esfera armilar fue inventada presumiblemente por Eratóstenes, alrededor del 255 a.C.

Ten presente que:

- En la actualidad, cuando se habla de modelo cosmológico, se refiere a la totalidad del universo, que consta de millones de galaxias en movimiento, unas con respecto a otras, pero en los casos que hemos estudiado, modelo cosmológico es sinónimo de Sistema Solar, pues era todo el universo conocido hasta esa época.


ASTRONOMIA NOVA
AITIOAOГHTOΣ,
SEV
PHYSICA COELESTIS,
tradita commentariis
DE MOTIBVS STELLÆ
MARTIS,
Ex observationibus G. V.
TYCHONIS BRAHE:
Jussu & sumptibus
RVDOLPHI II.
ROMANORVM
IMPERATORIS &c.
Pluriumannorum pertinaci studio
elaborata Pragæ,
ad P. C. ANNO P. Odlxxxxvi
IOANNE KEPLERO.

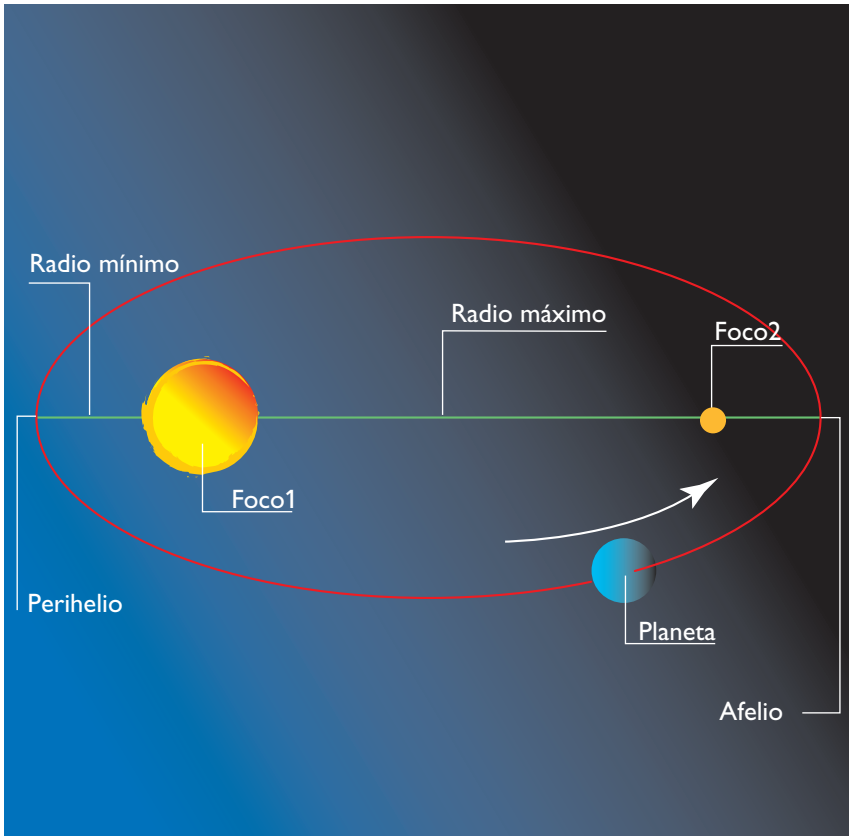
El libro "Nueva astronomía", de Johannes Kepler, contiene los resultados de diez años de investigación del movimiento de Marte. En más de 650 páginas, Kepler lleva a sus lectores, paso a paso, a través de su proceso de descubrimiento, para mostrar que la observación rigurosa es la base de sus resultados.

3. Primera ley de Kepler

En 1609, Johanes Kepler publicó su libro "Astronomía Nova", donde resume en dos leyes su trabajo de años sobre el movimiento de los planetas. La primera ley, que se conoce como ley de las órbitas elípticas, plantea lo siguiente.

Todos los planetas describen órbitas elípticas en torno al Sol, el que se ubica en uno de los focos de la elipse.

Esto tiene dos consecuencias prácticas. La primera es que la órbita de los planetas está contenida aproximadamente en un plano conocido como el **plano de la eclíptica**. La segunda es que la distancia de cada planeta al Sol cambia en cada punto de su trayectoria, lo que permite identificar dos puntos: aquel más distante al Sol, que se denomina **afelio**, y el más cercano, llamado **perihelio**.



La elipse es una curva que posee dos focos. Para el caso de las órbitas planetarias, el Sol se ubica en uno de ellos. Las distancia de afelio y perihelio para la Tierra corresponden a 152,1 y 147,1 millones de kilómetros, respectivamente.

3.1 Excentricidad de las órbitas elípticas

Observar-comparar

Actividad 1

Diferencia entre elipses

Dibuja un círculo sobre un cartón. Ahora observa el círculo inclinando el cartón en diferentes ángulos. Contesta las siguientes preguntas, considerando que todas las figuras que aparecen entre los 0º y los 90º de inclinación son elipses.

a. ¿Qué ocurre con las elipses al inclinar cada vez más el cartón?

b. ¿Cómo podrías definir la característica que se acentúa mientras te acercas a los 90º de inclinación?

Tal como lo explica Kepler en su primera ley, las órbitas planetarias son elipses, sin embargo, son muy parecidas a círculos; entonces se dice que tienen poca **excentricidad**. Los cometas y algunos asteroides tienen una excentricidad mayor. La excentricidad es un parámetro geométrico de la elipse y se simboliza con la letra **e**.

La excentricidad es una cantidad adimensional cuyo valor numérico varía entre 0 y 1. Cuando el valor de la excentricidad se aproxima a 0, la elipse se parece a una circunferencia, y cuando se aproxima a 1, se parece a una parábola. El valor de la excentricidad **(e)** se calcula geométricamente con la ecuación **e = c/a**, donde **c** corresponde a la distancia desde el centro hasta un foco de la elipse, y **a** es el semieje mayor de la elipse.

Ten presente que:

- La circunferencia, la elipse y la parábola son curvas pertenecientes a la familia de las cónicas. Investiga qué otras curvas pertenecen a esta familia y por qué se llaman cónicas.

INTERPRETAR-DEDUCIR

Actividad 2

EXCENTRICIDAD EN EL SISTEMA SOLAR

A continuación se presenta una tabla con el valor de **e**, para distintos cuerpos del Sistema Solar.

Tabla 1: Excentricidad de planetas

Planeta	e
Mercurio	0,206
Venus	0,007
Tierra	0,017
Marte	0,093
Júpiter	0,048
Saturno	0,056
Urano	0,047
Neptuno	0,009
Otros cuerpos	
Plutón (planeta enano)	0,249
Luna (satélite natural)	0,055
Ícaro (asteroide)	0,827
Ceres (asteroide)	0,078
Halley (cometa)	0,967

Fuente: Resnick, Halliday, Krane, "Física", editorial CECSA, cuarta edición, México D.F., 1998.

En relación a la tabla responde las siguientes preguntas.

a. ¿Qué órbita se asemeja más a un círculo?

b. ¿Qué consecuencias crees que podría tener para el clima de un planeta, el hecho de que su excentricidad se acerque al valor 1?

c. Si el semieje mayor es igual a 152,1 millones de kilómetros para el caso de la Tierra, ¿cuál es la distancia del foco al centro de la elipse?

d. ¿Cuál es el objeto de la tabla con mayor diferencia entre su afelio y perihelio?

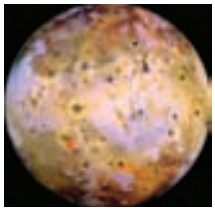
e. ¿Cuál de los planetas, podríamos ver con mayor variación de tamaño en distintas épocas? Explica.

CONCEPTOS CLAVE

Asteroides: también llamados planetas menores, son pequeños astros del Sistema Solar cuyas órbitas están entre Marte y Júpiter; probablemente su origen corresponde a un antiguo planeta que se destrozó. El tamaño de los asteroides no alcanza los 1.000 km de diámetro. Existen otros, los troyanos, que son alrededor de mil, que siguen la trayectoria de Júpiter.

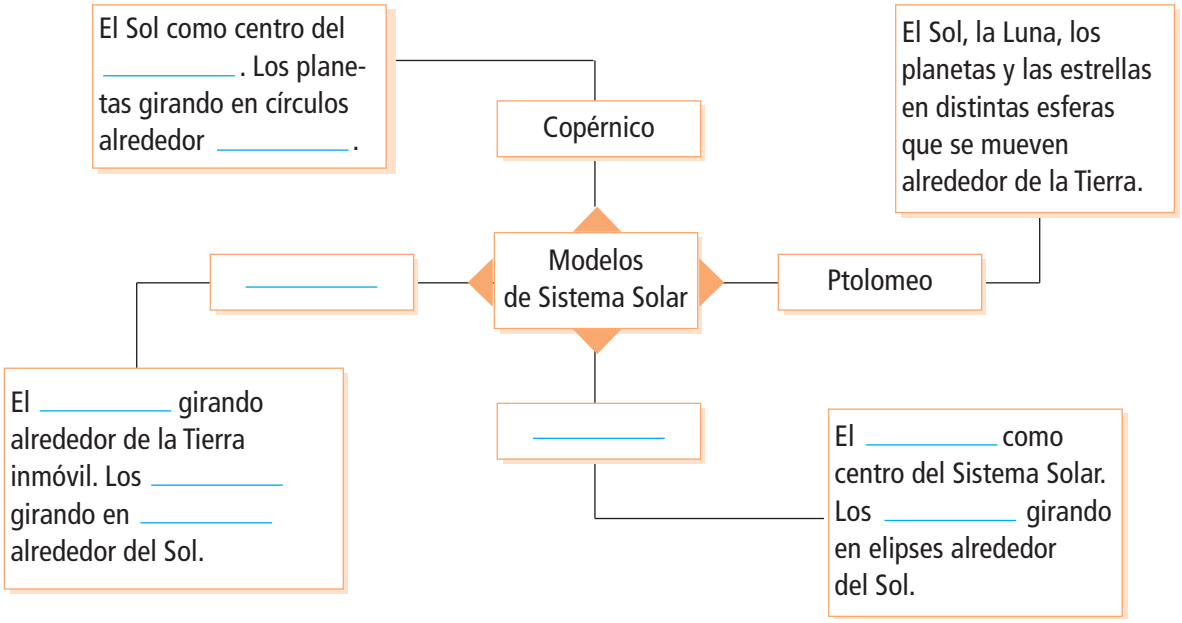
Cometas: se trata de cuerpos pequeños que siguen órbitas de mayor excentricidad alrededor del Sol, y que tienen su origen en la nube de Oort, situada en la periferia del Sistema Solar.

Satélite natural: se trata de cuerpos que orbitan alrededor de planetas, como, por ejemplo, nuestra Luna.



SÍNTESIS

Copia y completa en tu cuaderno el siguiente esquema:


El Sol como centro del _____. Los planetas girando en círculos alrededor _____.
Copérnico
El Sol, la Luna, los planetas y las estrellas en distintas esferas que se mueven alrededor de la Tierra.
Modelos de Sistema Solar
_____
Ptolomeo
El _____ girando alrededor de la Tierra inmóvil. Los _____ girando en _____ alrededor del Sol.
_____
El _____ como centro del Sistema Solar. Los _____ girando en elipses alrededor del Sol.

EVALUACIÓN DE PROCESO

1. Explica en qué consiste la primera ley de Kepler.
2. ¿Por qué es importante la precisión de las medidas en la astronomía de posición?
3. ¿Existirían el afelio y el perihelio en el modelo cosmológico de Copérnico?
4. Con los valores de la tabla 1 (página 156), dibuja las órbitas de Mercurio y la Tierra, asumiendo que hay 1 cm desde el centro al foco de la elipse. Datos: la relación entre a (semieje mayor), b (semieje menor) y c (distancia del centro de la elipse al foco) es $a^2 = b^2 + c^2$.

ASÍ APRENDO MEJOR

Responde en tu cuaderno.

a. ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?

b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?

INTER@CTIVIDAD

En la siguiente página podrás observar una animación que ilustra la segunda ley de Kepler: http://www.walterfendt.de/ph14s/keplerlaw2_s.htm

4. Segunda ley de Kepler

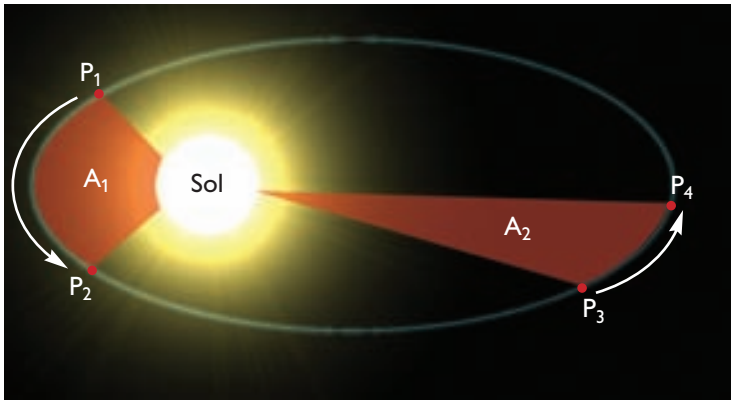
Hasta el momento hemos determinado la forma que tienen las órbitas de los planetas, pero ¿qué otras características de ellas nos servirían para una mejor descripción?

En cursos anteriores has aprendido que las diferentes estaciones del año se deben a la combinación de dos factores: uno es la inclinación del eje terrestre con respecto a la eclíptica, y el otro es la traslación de la Tierra en torno al Sol, ciclo que dura un año. Sabemos que la órbita de la Tierra es casi circular, y por el hecho de que las estaciones del año tienen aproximadamente la misma duración, podemos deducir que la rapidez con que avanza por el espacio es regular, pero ¿se podría afirmar que no tiene variaciones?

Kepler estudió profundamente aquel fenómeno (nuevamente a partir de los datos de Brahe), llegando a la conclusión que constituye su segunda ley:

Las áreas barridas por el radio vector que une el Sol con un planeta son proporcionales a los tiempos empleados en recorrerlos.

Este postulado se conoce como la ley de las áreas, y se formuló definiendo el **radio vector** como la línea que une el foco (Sol) con un punto de la elipse (posición del planeta).



Si $\Delta t_1 = \Delta t_2$, entonces $A_1 = A_2$. Esto implica que el planeta se mueve más rápido en el arco de A_1 que en el arco de A_2.

Es decir, la línea que une a un planeta cualquiera con el Sol (radio vector) barre áreas iguales en tiempos iguales. El planeta emplea el mismo intervalo de tiempo Δt en recorrer dos arcos elípticos de longitudes diferentes. Esto significa que el movimiento de un planeta en torno al Sol es variado y que la rapidez con que el planeta se mueve cambia en cada punto de la elipse. La mayor rapidez de un planeta la alcanza al pasar por el perihelio, y la menor rapidez, cuando pasa por el afelio.

Ten presente que:

- Las leyes de Kepler son aplicables no solo a los planetas, sino también a otros cuerpos que gravitan, como los satélites naturales de los planetas: la Luna en torno a la Tierra; Deimos y Fobos, en torno a Marte, y también a los satélites artificiales que giran alrededor de la Tierra. En la tercera ley de Kepler, el valor de la constante k depende del cuerpo central que domina gravitatoriamente.

5. Tercera ley de Kepler

En la época de Kepler el pensamiento estaba aún influenciado por las ideas griegas de armonía universal, muchas de ellas relacionadas con las proporciones y los números, probablemente influjos de la escuela pitagórica. Ya relatamos cómo el astrónomo creía que las órbitas estaban relacionadas entre sí por los sólidos perfectos de Platón.

Pero el pensamiento científico necesita de evidencias para ser considerado válido. En este sentido es destacable la honestidad de Kepler al desechar sus antiguas creencias sobre las órbitas, ante la evidencia de la observación científica. De todas maneras, él siguió buscando relaciones matemáticas entre las órbitas de los distintos planetas, pues tenía la convicción religiosa (Kepler tenía formación clerical) de que Dios creaba sus obras con proporciones matemáticas. De esa manera plantea su tercera ley, la que fue publicada en 1619 y se conoce también como ley armónica o ley de los períodos:

Los cuadrados de los períodos de revolución de los planetas en torno al Sol son directamente proporcionales al cubo de los semiejes mayores de las elipses correspondientes.

Lo que, escrito en lenguaje matemático, es:

$$T^2 = k\,a^3$$

Donde T es el período de revolución, a es el semieje mayor de la elipse y k es la constante de proporcionalidad (igual para todos los planetas y cuerpos que orbitan alrededor del Sol). En el sistema internacional, el valor de la constante es $k = 2{,}976 \times 10^{-19}\ s^2/m^3$.

Esta ley deja claro que el movimiento de los planetas puede ser descrito en términos matemáticos, ya que permite predecir las características del movimiento de un planeta cualquiera a partir del conocimiento de las características del movimiento de otro.

Ten presente que:

- Para que un modelo sea una ley, debe representar un fenómeno de la naturaleza. En el caso de las leyes de Kepler, estas son un modelo matemático que dan cuenta del movimiento de los planetas alrededor del Sol. A partir de una ley Física, podemos comprender parte de la realidad, ya que en ella se postulan relaciones entre variables (la tercera ley de Kepler relaciona el período orbital y el semieje mayor de la elipse que representa a la órbita). Además, una ley nos permite hacer predicciones sobre eventos futuros.

CONCEPTOS CLAVE

Sólidos perfectos: se trata de poliedros cuyas caras son polígonos regulares y en cuyos vértices se une el mismo número de caras. Son el tetraedro (4 caras), hexaedro (6 caras), octaedro (8 caras), dodecaedro (12 caras) e icosaedro (20 caras).

Período de revolución: es el tiempo que demora un planeta en completar un ciclo alrededor del Sol.

EJEMPLO RESUELTO 1

Determinando el radio orbital de Urano

Si el radio medio de la órbita terrestre es 1 UA (unidad astronómica) y su período orbital es de 1 año terrestre ($31{,}5 \times 10^6$ s), determina el radio medio de la órbita de Urano, expresado en UA y en kilómetros, si su período orbital es de 84 años terrestres.

Como la excentricidad de la Tierra y Urano son pequeñas, se puede aproximar su semieje mayor al radio de la órbita de dicho planeta; por lo tanto, se puede usar directamente la tercera ley de Kepler:

$$T^2 = ka^3$$

Para relacionar dos planetas, conviene usar la expresión que se iguala a una constante:

$$\frac{T^2}{a^3} = k$$

Como la razón de la izquierda es igual a una constante, se pueden relacionar los valores de la Tierra (t) con los de Urano (u):

$$\frac{T_t^2}{a_t^3} = \frac{T_u^2}{a_u^3}$$

Ahora solo quedaría remplazar los datos:

$$\frac{(1 \text{ año})^2}{(1 \text{ UA})^3} = \frac{(84 \text{ años})^2}{a^3}$$

$$a = \sqrt[3]{84^2} \text{ UA}$$

$$a = 19{,}18 \text{ UA}$$

Como $1 \text{UA} = 149.597.900 \text{ km}$ (el equivalente a la distancia promedio del Sol a la Tierra), para saber la distancia promedio del Sol a Urano en kilómetros solo se debe multiplicar el valor obtenido anteriormente.

$$a = 19{,}18 \cdot 149.597.900$$

$$a = 2.869.000.000 \text{ km}$$

El radio medio de la órbita de Urano es de 19,18 UA o 2.869.000.000 km.

Ciencia-Tecnología-Sociedad

Encuentran exoplaneta similar a la Tierra

El hallazgo fue hecho desde observatorio “La Silla”, en Chile

Utilizando el telescopio de 3,6 metros de ESO, en La Silla (IV Región de Chile), un grupo internacional de astrónomos descubrió una “súper Tierra”. Se trata de un exoplaneta, es decir, un planeta ubicado fuera de nuestro Sistema Solar, el más similar a la Tierra conocido hasta ahora. Posee cinco veces la masa de nuestro planeta y podría tener agua líquida en su superficie, ya que se encuentra en órbita en la zona habitable de su estrella, una enana roja (Gliese 581). El radio del planeta podría ser tan solo 1,5 veces superior al de la Tierra. Se encuentra 14 veces más cerca de su estrella que la Tierra del Sol y su período de rotación es de 13 días.

La estrella que alberga el planeta descubierto es una enana roja, mucho más pequeña y fría que nuestro Sol. Por eso, pese a estar muy cerca de su estrella, el planeta se encuentra justo en la zona habitable, es decir, en la región donde el agua puede permanecer en estado líquido.

“Hemos estimado que la temperatura promedio de esta súper Tierra se encuentra entre los 0 y 40 grados Celsius, por lo que puede haber agua líquida”, explicó Stéphane Udry, del Observatorio Ginebra (Suiza) y autor principal del documento que informa sobre este hallazgo.

Fuente: Archivo Editorial.

Respecto a la lectura, responde:

a. ¿Qué similitudes y diferencias tiene el planeta encontrado con la Tierra?

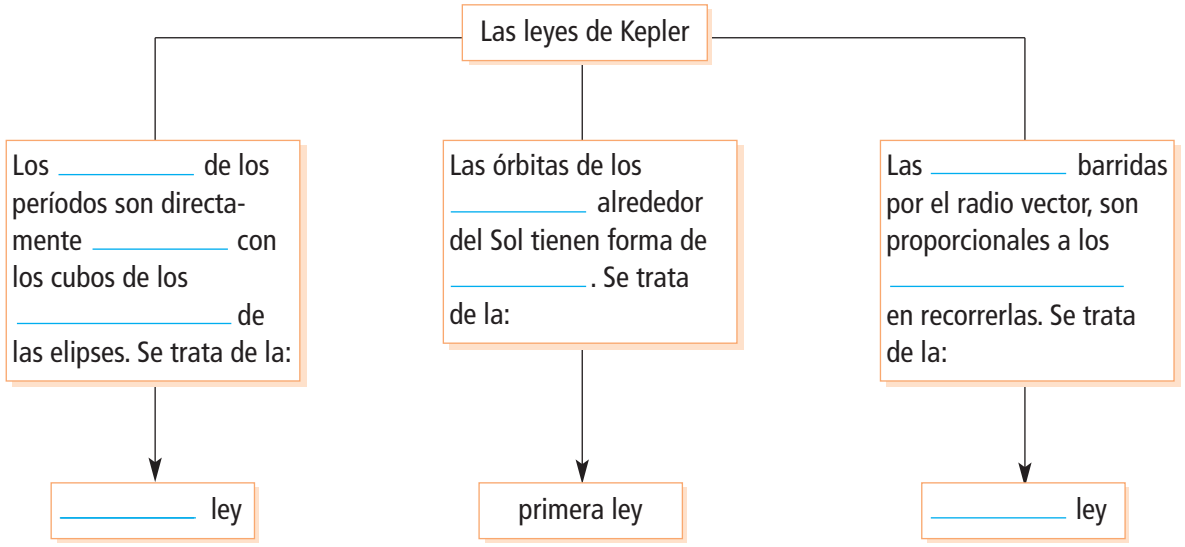
b. ¿Qué condiciones permitirían que existiese allí agua líquida?

c. ¿Qué importancia tiene lo anterior para el desarrollo de formas de vida como las que conocemos?

d. ¿Crees que en otros sistemas planetarios son aplicables las leyes de Kepler? Plantea una hipótesis y discútela con tu curso en una sesión plenaria.

SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno.


Las leyes de Kepler
Los _____ de los períodos son directamente _____ con los cubos de los _____ de las elipses. Se trata de la:
Las órbitas de los _____ alrededor del Sol tienen forma de _____. Se trata de la:
Las _____ barridas por el radio vector, son proporcionales a los _____ en recorrerlas. Se trata de la:
_____ ley
primera ley
_____ ley

EVALUACIÓN DE PROCESO

Responde las siguientes preguntas.

1. Dos planetas, X e Y, orbitan alrededor de dos distintas estrellas. Si sus excentricidades son respectivamente $e_x = 0{,}05$; $e_y = 0{,}07$ y la distancia entre el centro y el foco de las órbitas "c" es igual para los dos planetas, responde:
   - **a.** ¿Cuál de los dos planetas tendrá su órbita más parecida a una circunferencia?
   - **b.** Suponiendo que ambos planetas tienen el mismo período orbital (lo que es posible dado que orbitan estrellas distintas), ¿cuál de ellos tendrá una mayor rapidez en el afelio?
   - **c.** Ahora, suponiendo que la constante k (tercera ley de Kepler) es la misma para ambos sistemas, ¿qué planeta tendría un período mayor?
2. Calcula el período orbital de Marte, expresado en años terrestres y segundos, si el radio medio de su órbita es de 228×10^6 km.
3. Calcula el radio medio de la órbita de un planeta ficticio X, expresado en kilómetros y UA, para que su período orbital sea de $1{,}9 \times 10^8$ s. Con los datos de la tabla presentada en la página 177, señala en qué región del sistema solar se ubicaría dicho planeta.

ASÍ APRENDO MEJOR

Responde en tu cuaderno:

- **a.** ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?
- **b.** ¿Qué hiciste para solucionar esto?

Indagación: Fuerzas y movimiento planetario

¿Existe alguna fuerza que origine el giro de un cuerpo?

Al amarrar un objeto con un hilo y hacerlo girar puedes notar que el movimiento que se produce es circular. ¿Qué será lo que causa dicho movimiento?

Forma un grupo de tres o cuatro integrantes y planteen una hipótesis respecto de la pregunta inicial.

Para poner a prueba la hipótesis planteada, les proponemos la siguiente actividad.

Materiales:

- Dos metros de hilo de volantín grueso (o similar).
- Tres gomas de borrar.
- Huincha de medir.

A continuación realicen el siguiente procedimiento:

1. Amarren una goma al extremo del hilo y háganlo girar, de modo que el largo del hilo sea de 30 cm. Tengan la precaución de ubicarse en un sitio despejado y de que ningún compañero esté cerca.
2. Luego, extiendan el hilo a 60 cm y háganlo girar nuevamente.
3. Finalmente, hagan girar la goma, pero con un largo de 1 m para el hilo.
4. Vuelvan a repetir cada uno de los pasos anteriores, pero amarrando al extremo del hilo dos y tres gomas respectivamente.

Reúnanse luego de haber realizado todos la experiencia y respondan en conjunto las siguientes preguntas:

a. ¿Hacia dónde es necesario ejercer fuerza para que la goma se mantenga girando?

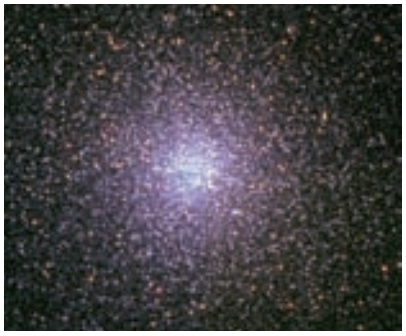
b. ¿Qué diferencia notan en la fuerza necesaria para hacer girar la goma, mientras va aumentando la distancia?

c. ¿Qué diferencia notan en la fuerza necesaria para hacer girar el sistema, mientras va aumentando la masa?

d. Si se hiciera un paralelo con un planeta orbitando alrededor de una estrella, ¿qué sería el planeta y qué la estrella? Expliquen.

¿QUÉ SUCEDERÍA SI...?

Una galaxia agrupa estrellas, nebulosas, agujeros negros, sistemas planetarios, entre otros cuerpos. Imagina que de pronto la fuerza de atracción gravitacional se convirtiera en una fuerza de repulsión, ¿qué ocurriría con las galaxias y con la materia en general?



Un cúmulo estelar puede agrupar a miles o millones de estrellas que permanecen unidas por atracción gravitacional.

6. ¿Qué hace girar a los planetas?

En la actividad anterior pudiste experimentar que para mantener girando un cuerpo es necesario ejercer una fuerza hacia el centro de giro. El físico inglés **Isaac Newton** relacionó aquello con el movimiento de los planetas y la caída de los cuerpos en la Tierra.

Una anécdota cuenta que Newton vio caer una manzana mientras descansaba a la sombra de un árbol. Entonces pensó que la Tierra ejerce una fuerza de atracción sobre todos los cuerpos que la rodean. Considerando esa idea, las leyes de Kepler y el principio de inercia de Galileo, Newton publicó en 1687 la **ley de gravitación universal**, que explica tanto la caída de los cuerpos en la superficie de la Tierra como las órbitas de los planetas. Esta ley plantea que:

La fuerza de atracción gravitacional entre dos cuerpos es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación entre ellos.

La expresión matemática de esta ley es:

$$F = G\,\frac{M_1 M_2}{r^2}$$

Donde F es la magnitud de la fuerza de atracción gravitacional, M_1 y M_2 son las masas de los cuerpos que interactúan, r la distancia de separación entre sus centros y G es la **constante de gravitación universal**, cuyo valor es $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2/kg^2}$ y que fue medida experimentalmente por lord Cavendish unos 100 años después de formulada la ley.

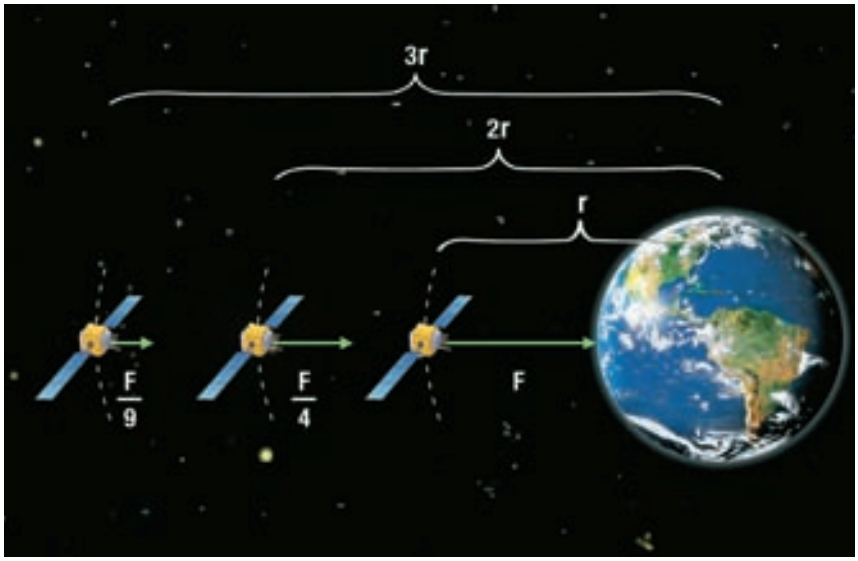
La misma fuerza que atrae a todos los cuerpos que están sobre la Tierra es la que afecta a los cuerpos celestes (planetas, satélites, estrellas o galaxias).

6.1 Características de la ley de gravitación

Los alcances de la ley de gravitación universal y de las leyes del movimiento enunciadas por Newton son enormes. Han permitido deducir, explicar y predecir el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra; el movimiento de los satélites naturales de los planetas; las masas relativas de la Tierra, el Sol y los planetas; la aceleración de gravedad de los planetas, entre otras cosas.

En la actividad de la página 163 pudiste comprobar que si la masa del cuerpo es mayor, mayor también es la fuerza necesaria para mantenerla girando. Algo similar ocurre con la ley de Newton, en que la fuerza de atracción gravitacional es directamente proporcional a las masas de los cuerpos que experimentan dicha atracción.

Con respecto a la relación entre fuerza y distancia entre las masas, la ley de gravitación universal plantea que la intensidad de la fuerza disminuye a medida que el cuerpo celeste se aleja del Sol. Además, establece la forma en que se produce esta disminución: si la separación entre dos cuerpos aumenta al doble, por ejemplo, entonces la fuerza gravitacional entre ellos se reduce a la cuarta parte.



Si la distancia *(r)* aumenta, la fuerza *F* disminuye proporcionalmente al cuadrado de *r*.

Ten presente que:

- Tanto las leyes de Kepler como la ley de gravitación universal son capaces de explicar el comportamiento de los planetas. La diferencia es que las leyes de Kepler solo explican "cómo" se mueven los planetas, mientras que la ley de Newton explica "por qué" se mueven y es válida para todos los cuerpos del universo.

CONEXIÓN CON... GEOFÍSICA

Las mareas son los cambios periódicos del nivel del mar, producido principalmente por la atracción de las fuerzas gravitacionales que ejercen la Luna y el Sol sobre la Tierra. El efecto de esta fuerza gravitacional en el lado de la Tierra más próximo a la Luna es atraer el agua hacia la Luna, produciéndose la marea alta. Al mismo tiempo, también se produce marea alta en las aguas ubicadas en el lado de la Tierra más distante de la Luna. Debido a la rotación de la Tierra, las mareas ocurren cada 12 horas.

El Sol también contribuye a la generación de las mareas, pero su efecto es menor que el de la Luna, debido a su distancia de la Tierra. El máximo de las mareas se produce cuando el Sol y la Luna se encuentran alineados respecto de la Tierra.

7. Efectos terrestres de la gravitación

DESCRIBIR-RELACIONAR

Actividad 3

CAÍDA DE LOS CUERPOS

Forma un grupo con tres compañeros y/o compañeras y junten varias hojas de papel.

- Desde una misma altura dejen caer una hoja arrugada y otra extendida. Observen lo que ocurre.
- La hoja que dejaron caer extendida, arrúguenla y vuelvan a dejarlas caer juntas. Expliquen lo que sucede.
- Hagan una pelota con tres hojas arrugadas y déjenla caer al mismo tiempo que otra pelota de una sola hoja: ¿cómo llegan al suelo?

Todos los cuerpos caen a la Tierra con la misma aceleración, independiente de su masa.

En la antigüedad, el sabio Aristóteles, muy respetado por sus grandes aportes en filosofía, afirmó que los cuerpos "pesados" caen más rápido que los "livianos". Pasaron muchos siglos hasta que Galileo Galilei demostrara experimentalmente que esto era falso, pues todos los cuerpos sobre la superficie terrestre sufren la misma aceleración.

Lo anterior se puede explicar desde la ley de gravitación universal, pues la masa de cualquier cuerpo sobre la Tierra interactúa con la masa terrestre, produciéndose la fuerza de atracción entre ambos cuerpos. La fuerza resultante apunta hacia el centro de la Tierra y se denomina **peso** del cuerpo. La aceleración de gravedad terrestre se designa con la letra g y tiene un valor promedio de $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$, aunque varía levemente según la posición en que el cuerpo esté ubicado con respecto a la Tierra.

Ten presente que:

- Generalmente se confunden los términos masa y peso. La masa de un cuerpo es una cualidad intrínseca de él y se mide en kg, mientras que el peso de un cuerpo, al ser producto de una interacción gravitacional, depende de la masa del cuerpo con el cual interactúa. Su unidad física es el newton (N), que es la unidad de fuerza.

EJEMPLO RESUELTO 2

¿Cómo calcular la aceleración de gravedad que actúa sobre una manzana?

Para resolver este problema utilizaremos la Tierra como referencia y la ley de gravitación universal de Newton.

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Donde una de las masas será la de la Tierra (M_T) y la otra la de una manzana (m), mientras que la distancia corresponde aproximadamente al radio de la Tierra (r_T). Según lo anterior, podemos volver a escribir la ecuación de Newton de la siguiente forma:

$$F = \frac{GM_T}{r_T^2} \cdot m$$

Se puede observar que el valor $\frac{GM_T}{r_T^2}$ será siempre el mismo para cualquier masa m que esté en la cercanía de la superficie terrestre. Aquel valor corresponde a la aceleración de gravedad terrestre (g) que experimentan todos aquellos cuerpos. Remplazando los valores en la ecuación se puede calcular g:

$$g = \frac{\left(6{,}67 \times 10^{-11}\,\frac{\mathrm{Nm^2}}{\mathrm{kg^2}}\right) \cdot \left(5{,}9736 \times 10^{24}\,\mathrm{kg}\right)}{\left(6378000\,\mathrm{m}\right)^2}$$

$$g = 9{,}79\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$$

Ahora bien, como $1\mathrm{N} = 1\frac{\mathrm{m \cdot kg}}{\mathrm{s^2}}$, resulta finalmente que $g = 9{,}79\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$, que es cercano al valor medido experimentalmente en muchas partes de la Tierra. Es válido para cuerpos de cualquier masa, como lo demostró Galileo Galilei.

CONEXIÓN CON... LITERATURA

En su novela *De la Tierra a la Luna* (publicada en 1865), Julio Verne relata cómo un grupo de aventureros decide disparar hacia la Luna una bala tripulada de cañón en un proyectil construido de aluminio, donde los pasajeros serían protegidos por amortiguadores hidráulicos.

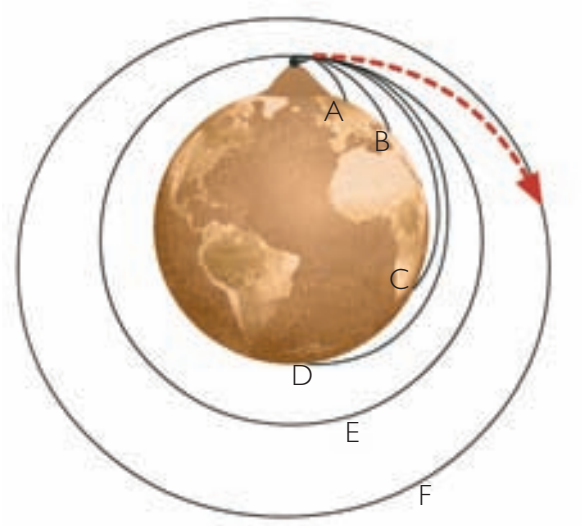
De acuerdo con los cálculos de Verne (no exentos de errores), el cañón debía ser colocado en un pozo de cierta profundidad, donde los primeros metros serían llenados con pólvora. Esto propulsaría la cabina hasta una velocidad de 16,5 Km/s. Luego de la desaceleración por fricción con la atmósfera terrestre, el proyectil tendría una velocidad de 11 km/s, suficiente para llegar a la Luna. Esta velocidad propuesta por Verne es muy similar a la velocidad de escape de la Tierra, que es de 12 km/s.

Ten presente que:

- Una ley, al ser un modelo que se aproxima a cierta realidad, contiene limitaciones. Por ejemplo, la ley de gravitación universal, pese a ser uno de los mayores logros en la historia de la ciencia, no pudo explicar la precesión en la órbita del planeta Mercurio (perturbación gravitacional observada sobre el planeta); esto hizo que se postulara la existencia de otro planeta más cercano al Sol, el que nunca se encontró. Finalmente, la aparición de una nueva teoría explicó dicho fenómeno: la teoría de la relatividad general de Albert Einstein.

7.1 ¿Cómo se puede escapar de la fuerza gravitatoria terrestre?

Si bien la física se preocupa de fenómenos naturales, muchas veces recurre a la imaginación para encontrar respuestas. Uno de estos casos es la situación planteada por Newton para poner en órbita un cuerpo alrededor de la Tierra. Newton imaginó la presencia de una montaña lo suficientemente alta como para que la atmósfera no interviniese con roce. Luego pensó qué ocurriría si pusiera allí un cañón y lanzara una serie de proyectiles, tal como aparece en la figura.

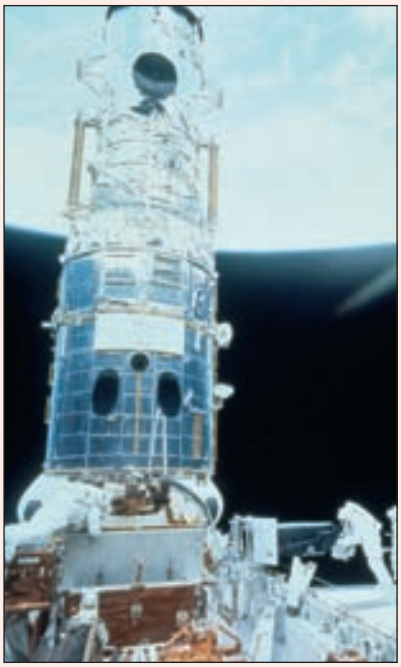


- Al lanzar la bala de cañón según la trayectoria A, primero se desplaza horizontalmente, pero se va curvando a medida que avanza, hasta que su trayectoria se ve interrumpida por el suelo, es decir, cae. Lo mismo ocurre con las trayectorias B y C, con la diferencia de que llegan más lejos.
- En la trayectoria D se puede apreciar con claridad que va siguiendo la curvatura de la Tierra. Estas trayectorias son técnicamente órbitas, pues se trata de trozos de elipses que se interrumpen por la presencia de la superficie terrestre.
- Si la bala se lanza con la suficiente velocidad inicial, aquella nunca caerá al suelo (E) y podrá realizar una órbita completa, también denominada circunnavegación.
- Finalmente, si se lanza con velocidad mayor, la bala seguirá trayectorias elípticas (F), y si se aumenta se alcanzaría la denominada **velocidad de escape**, para la cual se produce una órbita infinita, es decir, el objeto se escapa hacia el espacio.

Ciencia-Tecnología-Sociedad

¿Cómo sería vivir sin los efectos de la fuerza gravitacional?

Es común ver videos en que astronautas aparecen flotando al interior de sus naves o estaciones espaciales realizando giros en el espacio, o haciendo experimentos en condiciones en que no se aprecia la fuerza de gravedad.



Como ya conoces la ley de gravitación universal, y sabes que la fuerza de gravedad decae con el cuadrado de la distancia, entonces si los cosmonautas están en la cercanía de la Tierra, realmente no experimentan ingravidez, sino microgravedad. Bajo aquellas condiciones se han instalado laboratorios espaciales, ya que es interesante realizar estudios en esas condiciones.

Por ejemplo, en condiciones de microgravedad los procesos químicos y físicos cambian al eliminar las "impurezas" del ambiente terrestre (fuerza gravitacional, vibraciones, corrientes de convección, roce, etc.), lo que permite realizar experimentos en condiciones únicas. Además, es interesante saber cómo suceden fenómenos en condiciones de microgravedad, qué forma tendría la llama de una combustión o qué forma tendría un chorro de agua.

Ahora bien, el cuerpo humano ha evolucionado durante miles de años con la presencia de la atracción gravitacional terrestre, y por lo mismo sufre alteraciones si permanece mucho tiempo sin su acción. Por ejemplo, los líquidos del cuerpo se distribuyen de manera homogénea en él, lo que altera la presión sanguínea y produce alteraciones en la visión y el oído. Además, se producen alteraciones psicológicas y otras consecuencias en el organismo. Por ello, los cosmonautas no permanecen demasiado tiempo en el espacio.

Fuente: Archivo Editorial.

Respecto a la lectura, responde:

a. ¿Es posible estar en ausencia total de gravedad en algún lugar del Sistema Solar?

b. ¿Qué ventajas tiene realizar experimentos de física en condiciones de microgravedad?

c. ¿Qué efectos podría traer para el ser humano permanecer mucho tiempo en ausencia de gravedad?

d. Averigua qué efectos psicológicos podría tener el permanecer mucho tiempo en un lugar reducido.

Inter@ctividad

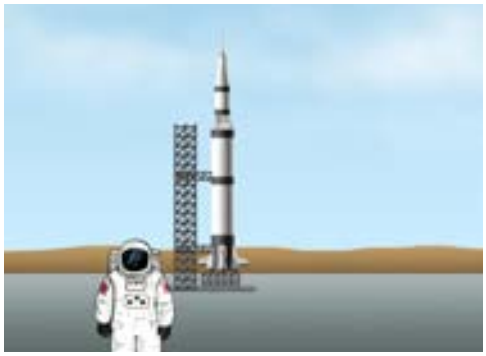
En la siguiente página podrás ver el resultado de algunos experimentos realizados con agua en condiciones de microgravedad:
http://www.youtube.com/watch?v=r7fEHYkGxd0&feature=related

EJEMPLO RESUELTO 3

¿Cuánto será el peso en la Luna de un astronauta de 80 kg?

Para calcular el peso del astronauta habría que seguir el mismo razonamiento que para calcularlo en la Tierra, es decir:

$$P = m \cdot g$$
$$P = 80\,\text{kg} \cdot 9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$
$$P = 784\,\text{N}$$



Pero para conocer el peso en la Luna deberíamos conocer la aceleración de gravedad lunar, la que podemos calcular a partir de la ley de gravitación:

$$F = \frac{Gm_L m_A}{r_L^2}$$

Donde G es la constante de gravitación universal, $m_L = 7{,}35 \times 10^{22}\,\text{kg}$ corresponde a la masa de la Luna, m_A es la masa del astronauta, $r_L = 1{,}74 \times 10^{6}\,\text{m}$ es la medida del radio lunar, mientras que el término $\frac{Gm_L}{r_L^2}$ sería la aceleración de gravedad lunar. Entonces:

$$g_L = \frac{Gm_L}{r_L^2}$$
$$g_L = \frac{6{,}67 \times 10^{-11}\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 7{,}35 \times 10^{22}\,\text{kg}}{\left(1{,}74 \times 10^{6}\,\text{m}\right)^2}$$
$$g_L = 1{,}6\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}$$
$$g_L = 1{,}6\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

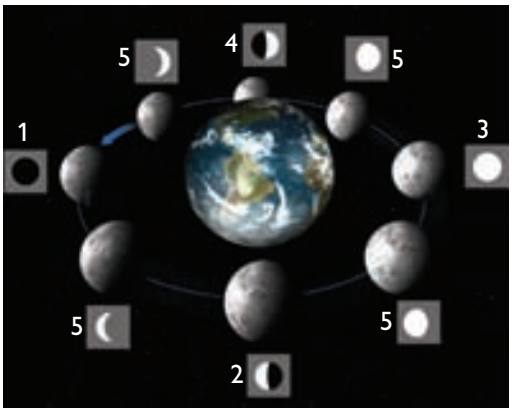
Ahora podemos calcular el peso del astronauta en la Luna:

$$P_L = m \cdot g_L$$
$$P_L = 80\,\text{kg} \cdot 1{,}6\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$
$$P_L = 128\,\text{N}$$

Es decir, en la Luna el astronauta es alrededor de seis veces más liviano que en la Tierra.
¿Qué ocurriría en Júpiter, si la masa de ese planeta es $m_J = 1{,}899 \times 10^{27}\,\text{kg}$?

8. Satélites naturales

Cada noche podemos observar la Luna iluminada de diferente manera, lo que se conoce como fases. En cursos anteriores aprendiste que esto se debe a la traslación de la Luna alrededor de la Tierra. Ahora sabes, además, que aquello se debe a la interacción gravitatoria entre las masas de ambos cuerpos celestes. El plano de la órbita de la Luna alrededor de la Tierra no se encuentra en el mismo plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, es por esta razón que no se producen eclipses cada 27 días.

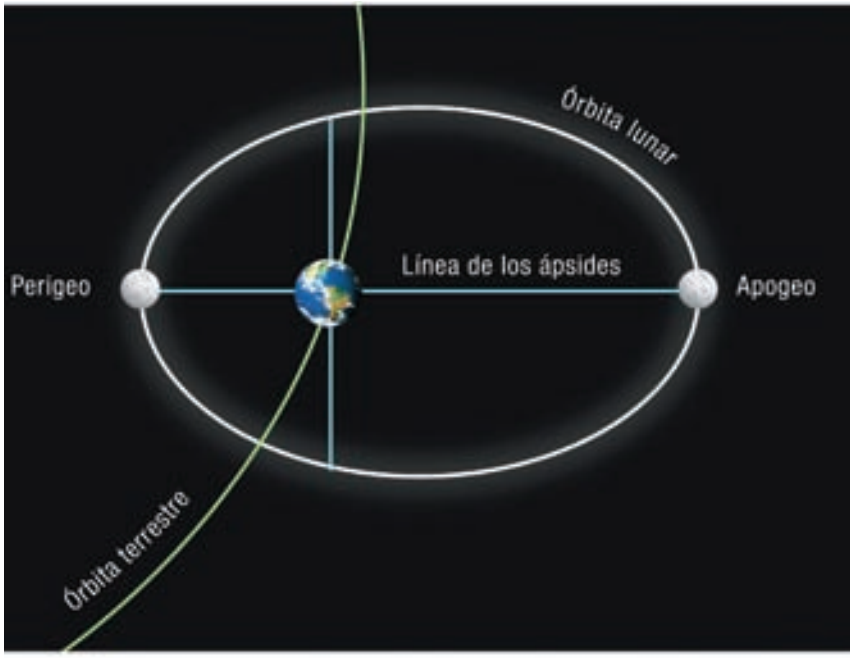


Fases de la Luna

1. Cuando la Luna está entre el Sol y la Tierra no podemos verla, puesto que su cara iluminada está de espaldas a nosotros. A esta fase se le llama **Luna nueva.**
2. Al seguir su órbita, la vemos como un semicírculo, fase llamada **cuarto creciente.**
3. Cuando la Tierra queda ubicada entre la Luna y el Sol, podemos ver la totalidad de esta, conociéndose esta fase como **Luna llena.**
4. Cuando se empieza a observar nuevamente como semicírculo, se dice que está en **cuarto menguante.**
5. Las fases intermedias entre la Luna nueva y llena se llaman crecientes, y entre la Luna llena y nueva, menguantes.

De manera similar a la Tierra, otros planetas del Sistema Solar también poseen satélites; por ejemplo, Marte posee dos, llamados Deimos y Fobos, mientras que los planetas gigantes del Sistema Solar, Júpiter y Saturno, tienen alrededor de 60 cada uno. ¿A qué se debe que estos planetas tengan tantos satélites?

En general, se denominan **satélites naturales** o lunas (por extensión de nuestro satélite) a cualquier objeto que orbita alrededor de un planeta. En el caso de que las masas de ambos cuerpos sean comparables, se habla de **sistemas binarios**. También existen sistemas binarios de estrellas, más allá del Sistema Solar, los cuales orbitan en torno a un punto llamado centro de masa. Se denominan satélites artificiales aquellos puestos en órbita por el ser humano.



En realidad, la Luna no gira en torno a la Tierra, sino que la Tierra y la Luna giran en torno al centro de masas de ambos. La excentricidad de la Luna es de 0,055, es decir una elipse más "alargada" que la que forma la Tierra alrededor del Sol.

ASOCIAR-APLICAR

Actividad 4

GRAVITACIÓN EN SATÉLITES NATURALES

La siguiente imagen muestra el tamaño comparativo de distintos satélites naturales con la Tierra.

Supón que ellos interactuaran gravitacionalmente con la Tierra y que tienen una densidad similar.

a. ¿Con cuáles de ellos crees que formaría un sistema binario? Explica.

b. ¿Cuál de ellos provocaría mareas de mayor tamaño?

c. Si estuviesen a distancias similares de sus respectivos planetas, ¿cuál de los planetas experimentará una interacción mayor con sus satélites naturales? Explica.

d. ¿En cuál de aquellos satélites un astronauta tendría un peso más parecido que en la Tierra? Explica el motivo.

e. ¿Qué importancia tiene, para responder las preguntas anteriores, el hecho de que los satélites se supongan de una densidad similar?

INTER@CTIVIDAD

En la siguiente dirección podrás encontrar una tabla en la que se entregan las principales características de las lunas del Sistema Solar:

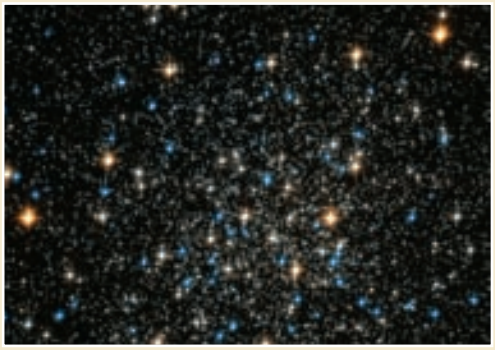
http://www.windows2universe.org/our_solar_system/moons_table.html&lang=sp

9. Fuerza de atracción gravitacional en grandes estructuras

Tal como su nombre lo indica, la ley de gravitación universal es válida para todos los elementos del cosmos que posean masa. Entonces, afecta desde el libro que estás leyendo hasta las estrellas más lejanas. Si tuvieras un telescopio muy potente, podrías darte cuenta de que muchos de los puntos que a simple vista parecen estrellas, son agrupaciones de cientos, miles o millones de estrellas, o son nebulosas u otro tipo de estructura cosmológica. A continuación revisaremos algunas estructuras unidas por gravitación.

Cúmulos estelares

Se trata de estrellas que están relativamente cercanas entre sí, y que se formaron a partir de una misma nube molecular. Generalmente agrupan a miles o millones de estrellas y se clasifican en **cúmulos globulares**, caracterizados por reunir estrellas viejas, estables a la disgregación, y **cúmulos abiertos** formados por estrellas jóvenes, que generalmente están en proceso de disgregación por su interacción gravitacional con otros cuerpos cercanos.



La imagen muestra un cúmulo estelar captado por el telescopio Hubble.

Galaxias

Cuando Galileo apuntó su telescopio al cielo, en el año 1609, descubrió que las manchas blancas de la Vía Láctea estaban compuestas por miles de pequeños puntos luminosos que se podían suponer estrellas lejanas.

En la actualidad se acepta que en el universo hay alrededor de 100 mil millones de galaxias, las que mantienen unida a una gran diversidad de cuerpos mediante la gravitación, y generalmente se clasifican por su forma. Se conocen galaxias espirales, elípticas e irregulares.

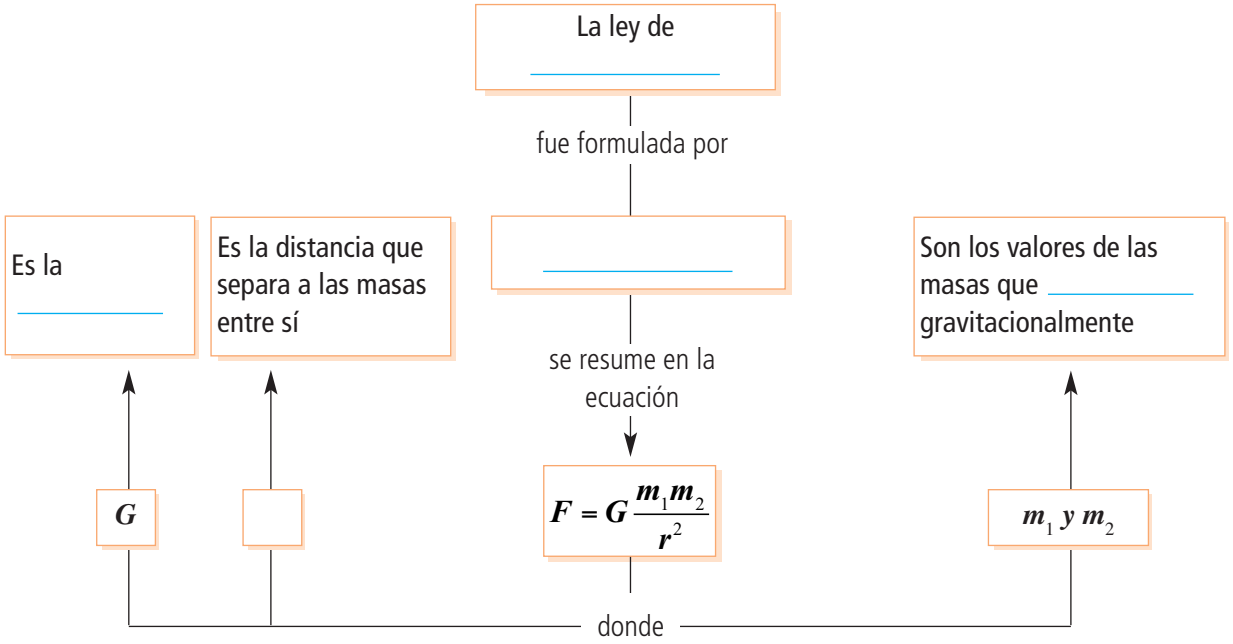
Una galaxia como la nuestra (la Vía Láctea) contiene unos 100 mil millones de estrellas y un diámetro de 100 millones de años luz. Se trata de una gran estructura que agrupa estrellas, nebulosas, planetas, polvo, e inclusive los famosos agujeros negros, de los cuales se ha encontrado evidencia en el centro de la galaxia, donde se concentra la mayor densidad de masa.

Las galaxias también forman agrupaciones por efecto de la fuerza gravitacional, formando "clusters" o cúmulos galácticos.

A veces, la extrema cercanía entre galaxias produce grandes colisiones.

SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno.


La ley de _____
fue formulada por
Es la _____
Es la distancia que separa a las masas entre sí
_____
Son los valores de las masas que _____ gravitacionalmente
se resume en la ecuación
G
$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$
m_1 y m_2
donde

EVALUACIÓN DE PROCESO

Responde las siguientes preguntas.

1. ¿Cuál es la causa del movimiento de los planetas alrededor del Sol?
2. ¿Qué valor tendría la aceleración de gravedad en la superficie de Marte si su radio es $r_M = 3397\ \text{km}$ y su masa es $m_M = 6{,}419 \times 10^{23}\ \text{kg}$? Expresa el resultado en unidades del Sistema Internacional.
3. ¿Qué debe ocurrir para poner en órbita un satélite artificial desde Marte?
4. ¿A qué otras estructuras del universo afecta la fuerza de gravedad?
5. ¿Qué hace que la Vía Láctea mantenga unidas a cerca de 100 mil millones de estrellas?

ASÍ APRENDO MEJOR

Responde en tu cuaderno:

a. ¿Cuál fue el tema que te costó más aprender?

b. ¿Qué hiciste para solucionar esto?

10. Sistema Solar

10.1 Origen y evolución

Quizás las preguntas más comunes, luego de tener formada una concepción del Sol y los planetas como un sistema, son: ¿de qué manera y cuándo se formó el sistema?

Para responder a la primera, hubo que esperar las especulaciones filosóficas de pensadores como Swedenborg, Descartes y Laplace, quienes en el siglo XVIII fueron madurando la hipótesis de la nebulosa planetaria. Según esta teoría, el sistema se origina a partir de una nebulosa, compuesta principalmente por elementos químicos como el hidrógeno y el resto de antiguas explosiones estelares. Esta idea se ha ido confirmando mediante las modernas observaciones astronómicas que han revelado estrellas en formación con sus primitivos sistemas planetarios.

Esta nebulosa tiene en su origen un leve movimiento giratorio, el que se va incrementando a medida que la masa se acumula en su centro, de manera similar a como lo hace la espuma al momento de revolver una taza de café; esto tiene su explicación en el concepto mecánico conocido como conservación del momento angular. Para que el Sistema Solar tenga el aspecto que tiene ahora, ha tenido que pasar por distintas etapas en que, producto de la atracción gravitatoria, la materia se ha ido acumulando, dando origen a los planetas, satélites naturales, asteroides, planetas enanos y cuanto elemento sólido existe en nuestro sistema solar.

Los científicos han estimado que la formación del Sistema Solar debió ocurrir hace unos 4.500 millones de años, ¿pero que evidencias existen para afirmar aquello? Pensemos en nuestro planeta: sus capas geológicas están en continuo movimiento, lo que provoca pliegues y fracturas, motivo por el cual rocas antiguas pueden llegar a la superficie. De esa manera, mediante un método llamado fechado radiométrico, los geólogos han encontrado rocas de más de 4.000 millones de años en algunas regiones de Australia. También esto ha ayudado a determinar la edad del Sistema Solar. La datación de meteoritos ha contribuido, hallándose algunos de 4.500 millones de años, edad que se le asigna generalmente al Sistema Solar.

10.2 Visión actual del Sistema Solar

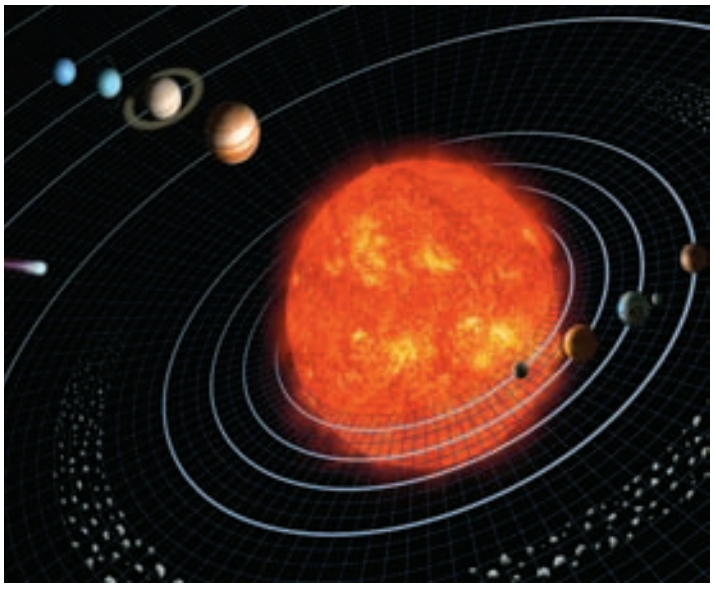
CLASIFICAR-IDENTIFICAR

Actividad 5

Maqueta del Sistema Solar

Formen un grupo de cinco estudiantes y consigan plasticina, trozos de papel, huincha de medir, calculadora y construyan una esfera de papel de 14 cm de diámetro.

1. Para representar el Sol, usen la bola de papel y colóquenla en el centro del patio del colegio u otro sitio despejado dentro del establecimiento.
2. Si el diámetro del Sol es de 1.392.000 km, ¿de qué tamaño tendría que ser la Tierra para ser representada de manera proporcional? Realícenlo con una esfera de plasticina y etiquétenla con su nombre en un trozo de papel. Utilicen la Tabla 2 de la página siguiente para realizar los cálculos.
3. Representen el tamaño de los otros planetas, utilizando el mismo criterio del punto anterior.
4. Para mantener las proporciones de la maqueta, ubiquen Mercurio a una distancia de 5,8 m de la bola que representa el Sol.
5. Realicen los cálculos para ubicar el resto de los planetas en la misma escala de distancias. Utilicen los valores de la tabla 2 y ordenen los valores en una tabla nueva.
6. ¿Cuántos planetas pueden ubicar dentro del radio del patio del colegio? Realícenlo.
7. Si la estrella más cercana al Sol está ubicada a 4 años luz de distancia, ¿a qué distancia del centro del patio debieran ubicarla para mantener las proporciones? Consideren que la luz viaja a 300.000 km/s.
8. Las distancias y tamaños del Sistema Solar, ¿corresponden a la imagen previa que tenías? Comenta.



Como hemos visto, el modelo actual del Sistema Solar es resultado de muchos siglos de observaciones. En la actividad anterior pudimos comprobar que las distancias entre los planetas del Sistema Solar son enormes y que replicar dichas distancias en una maqueta resulta poco práctico. Después de Newton, han existido varios ajustes al modelo planetario, provenientes de observaciones más precisas y de nuevas teorías, como la de la relatividad, que proponen que la geometría del espacio-tiempo se ve afectada por la materia. La presencia de una masa deformaría el espacio-tiempo a su alrededor (lo curvaría), tal como un objeto pesado colocado sobre una superficie elástica y tensa (como una red); el objeto se hundiría, deformando y estirando esa superficie.

Los planetas del Sistema Solar son ocho, y para ser considerados planetas requieren las siguientes propiedades, establecidas por la Unión Astronómica Internacional en el año 2006:

1. Orbitar alrededor del Sol.
2. Tener suficiente masa para que la fuerza de atracción gravitacional ejercida les dé una forma prácticamente esférica.
3. Haber limpiado la vecindad de su órbita de objetos sólidos.

Tabla 2: Información básica sobre los planetas

Planeta	Radio ecuatorial (km)	Distancia al Sol (km)	Distancia al Sol (UA)	Período de rotación	Período orbital	Masa (kg)	Aceleración de gravedad superficial (m/s^2)
Mercurio	2.440	57.910.000	0,387	58,6 días	87,97 días	$3,3 \times 10^{23}$	3,7
Venus	6.052	108.200.000	0,72	243 días	224,7 días	$4,869 \times 10^{24}$	8,87
Tierra	6.378	149.600.000	1	23,93 hrs	365,3 días	$5,97 \times 10^{24}$	9,78
Marte	3.397	227.940.000	1,52	24,62 hrs	686,98 días	$6,42 \times 10^{23}$	3,71
Júpiter	71.492	778.330.000	5,2	9,84 hrs	11,86 años	$1,899 \times 10^{27}$	23,12
Saturno	60.268	1.429.400.000	9,5	10,23 hrs	29,46 años	$5,688 \times 10^{26}$	9,05
Urano	25.559	2.870.990.000	19,2	17,9 hrs	84,01 años	$8,686 \times 10^{25}$	8,69
Neptuno	24.746	4.504.300.000	30,1	16,11 hrs	164,8 años	$1,024 \times 10^{26}$	11,15

CONEXIÓN CON... MÚSICA

The planets (Los planetas) es la obra más conocida del compositor inglés Gustavus Holst (1874-1934). Esta obra, creada entre 1914 y 1918, es una *suite* (pieza musical compuesta por movimientos o partes) de siete movimientos, que Holst llamó según el nombre de cada uno de los planetas conocidos en su época: Marte, el portador de la guerra; Venus, el portador de la paz; Mercurio, el mensajero alado; Júpiter, el portador de la alegría que, conjuntamente con Mercurio, se puede considerar el *scherzo* de la obra (*scherzo:* broma en italiano, indica que un pasaje se debe tocar graciosamente); Saturno, el portador de la vejez, donde no solamente describe el carácter serio y triste del planeta, es también la descripción de una neuritis, que le afectaba a un brazo; Urano, el mago y Neptuno, el místico, que es acompañado de un coro femenino sin texto ubicado tras el escenario… hasta que termine el movimiento y todo quede en silencio, según indica la partitura.

10.3 Visión actual de los planetas

Como vimos, los planetas observados desde la Tierra tienen un movimiento relativo diferente al de las estrellas. La Tabla 2 resume varias de sus características reunidas a través de siglos de estudios científicos y observaciones.

CLASIFICAR-ASOCIAR-ANALIZAR

Actividad 6

Características del Sistema Solar

Formen grupos de tres integrantes y respondan las siguientes preguntas a partir de la información entregada en la tabla 2 de la página anterior.

1. ¿Por qué creen que las columnas del período de rotación y las del período orbital se presentan en distintas unidades físicas? (días, horas y años).
2. ¿Cuál de los planetas presenta días y noches más largos? Justifica. ¿Cuál posee días y noches más cortos?
3. ¿Cuál de los planetas experimenta el año más largo?, ¿cuál el más corto? Explica.
4. Observen la columna del radio ecuatorial y la columna de la masa: ¿qué argumentos podrían manifestar para clasificar a los planetas en dos grandes grupos?
5. Compara a la Tierra con Saturno y Urano: ¿por qué crees que su aceleración de gravedad superficial es tan similar, si su tamaño es tan distinto?
6. ¿Qué puedes observar del período de revolución de los planetas a medida que se alejan del Sol?
7. Compara las columnas que muestran las distancias de los planetas al Sol: ¿qué utilidad le encuentras a designar con la unidad 1 UA (unidad astronómica) la distancia entre la Tierra y el Sol?

Conexión con... astronáutica

Hasta la invención del telescopio, los planetas eran solamente observados a simple vista, es decir, solo se podía conocer su posición en el tiempo y el espacio. Luego, con los grandes telescopios y técnicas como la espectrografía, se ha podido tener conocimiento de la apariencia y composición interna de los planetas. Una vez comenzada la era espacial se han enviado numerosas sondas a orbitar, o al interior de los planetas para conocer detalles como su geografía, componentes del suelo o detalles precisos de la atmósfera. Las sondas Pioneer, Voyager, Magallanes, Mars, Mariner, Viking, Spirit, son algunos de los artefactos enviados a los planetas del Sistema Solar.

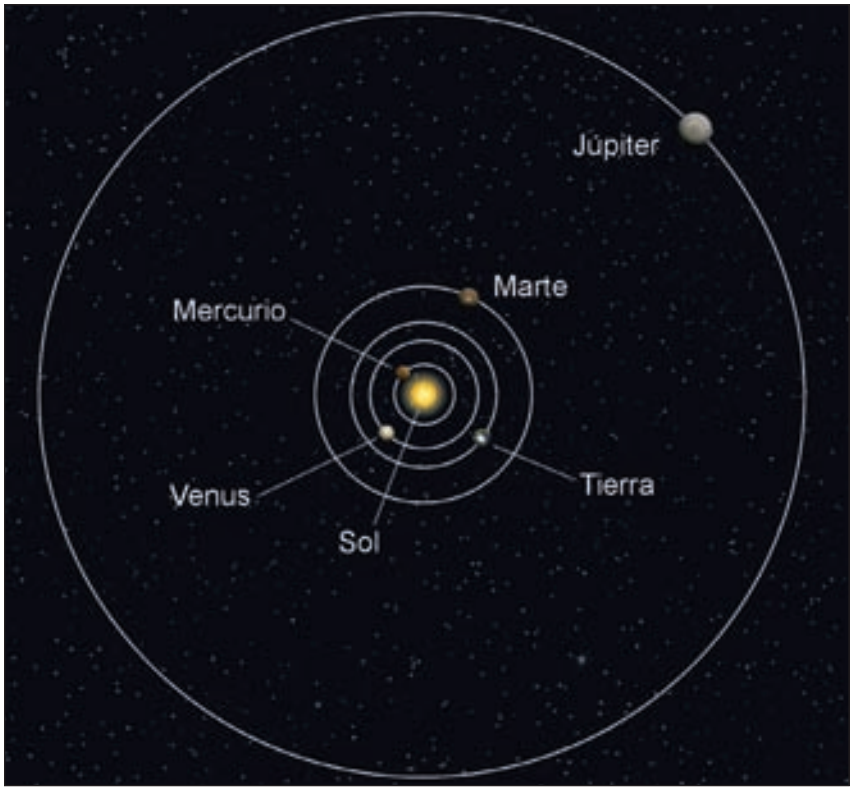
10.4 Planetas interiores

De los datos presentados en la tabla 2 y de la actividad anterior, se puede deducir que es conveniente clasificar a los planetas en dos grandes grupos, según su tamaño, masa y densidad.

- Planetas terrestres (por ser similares a la Tierra): Mercurio, Venus, Tierra y Marte. También llamados **planetas interiores,** por su ubicación en el Sistema Solar.
- Planetas jovianos (por ser similares a Júpiter): Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno, conocidos también como **planetas exteriores**.

Los planetas interiores se caracterizan por tener una composición sólida (rocosa y metálica), estar más cercanos al Sol que el resto, poseer una densidad elevada (entre 3 y 5 g/cm^3) y tener un tamaño similar entre sí. De ellos, solamente Mercurio no posee atmósfera; se cree que por su cercanía al Sol fue evaporada. Además, como es el menos masivo de los cuatro, interactúa gravitacionalmente con menos intensidad como para retener una atmósfera.

Mercurio, Venus, Tierra y Marte poseen tamaño, masa y densidad similares. Se denominan planetas interiores, por su cercanía al Sol.



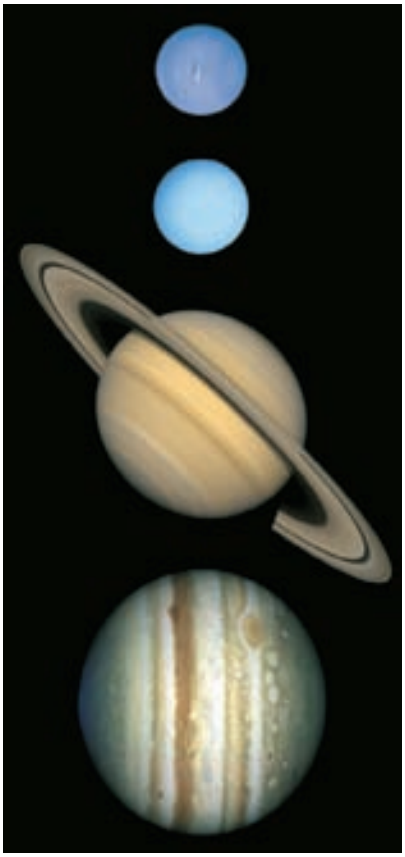
El esquema muestra la distancia del Sol a los planetas. Nota la diferencia que hay entre sus órbitas y la de Júpiter, el primero de los planetas exteriores.

10.5 Planetas exteriores

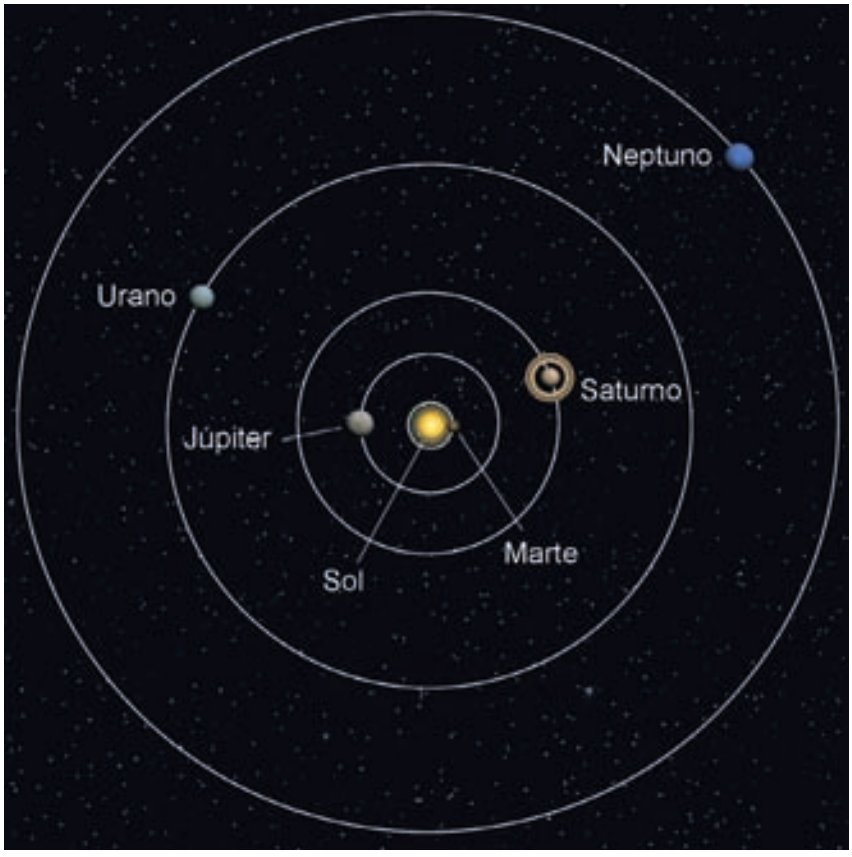
También se les conoce como planetas gigantes o gaseosos; se trata de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Si observas en la Tabla 2 su radio ecuatorial, podrás notar que son mucho más grandes que los planetas interiores. Pero si observas la aceleración de gravedad superficial te darás cuenta que, a excepción de Júpiter, no se diferencian mucho de la aceleración de gravedad en la superficie terrestre, ¿por qué ocurre aquello?

La respuesta se encuentra en la densidad. Imagina un globo inflado y compáralo con una bolsa del mismo tamaño, pero llena de arena; obviamente el globo tendrá menos masa y, por lo tanto, si interactúa gravitatoriamente con otro cuerpo, lo hará con menor intensidad. Eso se debe a que el globo está lleno de aire, y como el aire es un gas, tiene menor densidad que los sólidos. Lo mismo ocurre con los planetas exteriores, ya que se trata de enormes esferas gaseosas.

Se cree que a medida que se penetra en su atmósfera, es posible encontrar zonas líquidas, e incluso núcleos sólidos de hielo, debido a que la presión aumenta hacia su centro. En cuanto a sus períodos de rotación, si observas la Tabla 2 podrás apreciar que son cortos (comparados con la Tierra), mientras que los de traslación son largos.

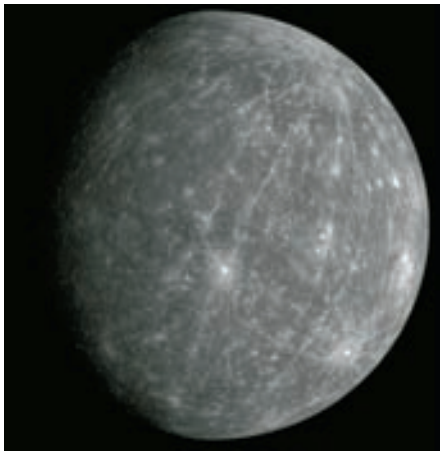


Los planetas exteriores, también conocidos como jovianos o gigantes gaseosos, tienen un volumen mucho mayor que los planetas interiores.

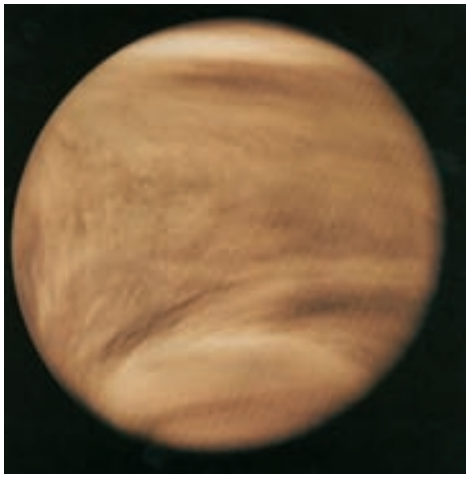


Distancia de los planetas jovianos al Sol. Nota que entre la órbita de Marte y el Sol se encuentran todos los planetas interiores.

10.6 Características de cada planeta



Mercurio. No posee atmósfera y está cubierto de cráteres. La temperatura en su superficie varía desde –180 °C en su cara opuesta al Sol hasta 430 °C en su cara próxima al Sol. Es difícil verlo a simple vista desde la Tierra. Se pone en el horizonte antes de oscurecer.

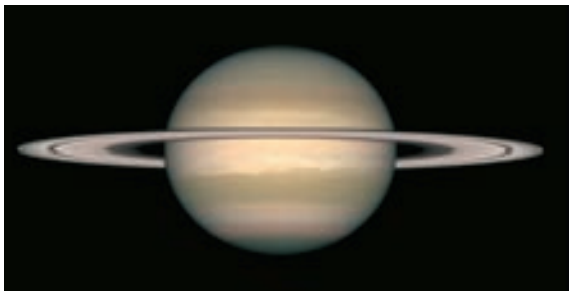


Venus. De atmósfera espesa formada por nubes de ácido sulfúrico y grandes cantidades de CO_2. Su tamaño es similar al de la Tierra. Es el tercer objeto más brillante después del Sol y la Luna, es fácil observarlo a simple vista en las tardes y durante las primeras horas del día. Su temperatura es cercana a los 480 °C. Recibe su nombre de la diosa romana del amor.

Tierra. Se ha desarrollado ampliamente la vida en él debido a que es el único que posee agua y oxígeno y porque se encuentra a una distancia óptima del Sol. Su temperatura varía de –70 °C a 50 °C. El agua en estado líquido cubre casi las tres cuartas partes de la superficie y presenta además una tectónica de placas activa. Su forma es un geoide, similar a una esfera achatada por los polos.

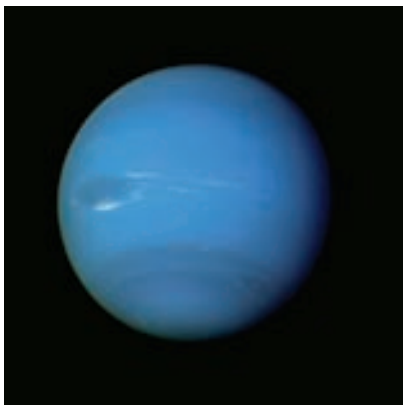
Marte. Posee una superficie caracterizada por rocas de color rojizo, gigantescos volcanes y grandes desiertos. Tiene una delgada atmósfera de CO_2. Su temperatura oscila entre –120 °C y 25 °C. Presenta dos casquetes polares producto del congelamiento de vapor de agua, pero sobre todo de CO_2 por lo que se le denomina nieve carbónica. Su nombre se debe al dios romano de la guerra.

Júpiter. Es el planeta más grande del Sistema Solar; su masa corresponde a más de dos veces la masa de todos los demás planetas juntos. Su superficie no es sólida, sino que está formada por hidrógeno y helio líquido. Tiene además un cinturón de nubes de cristales de amoníaco congelado y carbono, azufre y potasio. Posee una mancha roja tres veces más grande que la Tierra, que consiste en una tormenta. Su temperatura media es de –150 °C.



Saturno. Está rodeado por un sistema de anillos formado (según se cree) al fragmentarse uno de sus satélites naturales por la acción de las fuerzas gravitatorias del planeta. Su tamaño es similar al de Júpiter y su temperatura promedio es de –180 °C. Su período orbital es casi de 30 años, siendo el más lento del Sistema Solar.

Urano. Descubierto en 1781 por el astrónomo Herschel; es el primer planeta que no se conocía desde la antigüedad. De color azul verdoso por la constitución de su atmósfera (metano). También está rodeado de un finísimo sistema de anillos compuestos de grandes piedras y polvo fino. Su tamaño es semejante al de Saturno. Tiene una temperatura promedio de –214 °C.



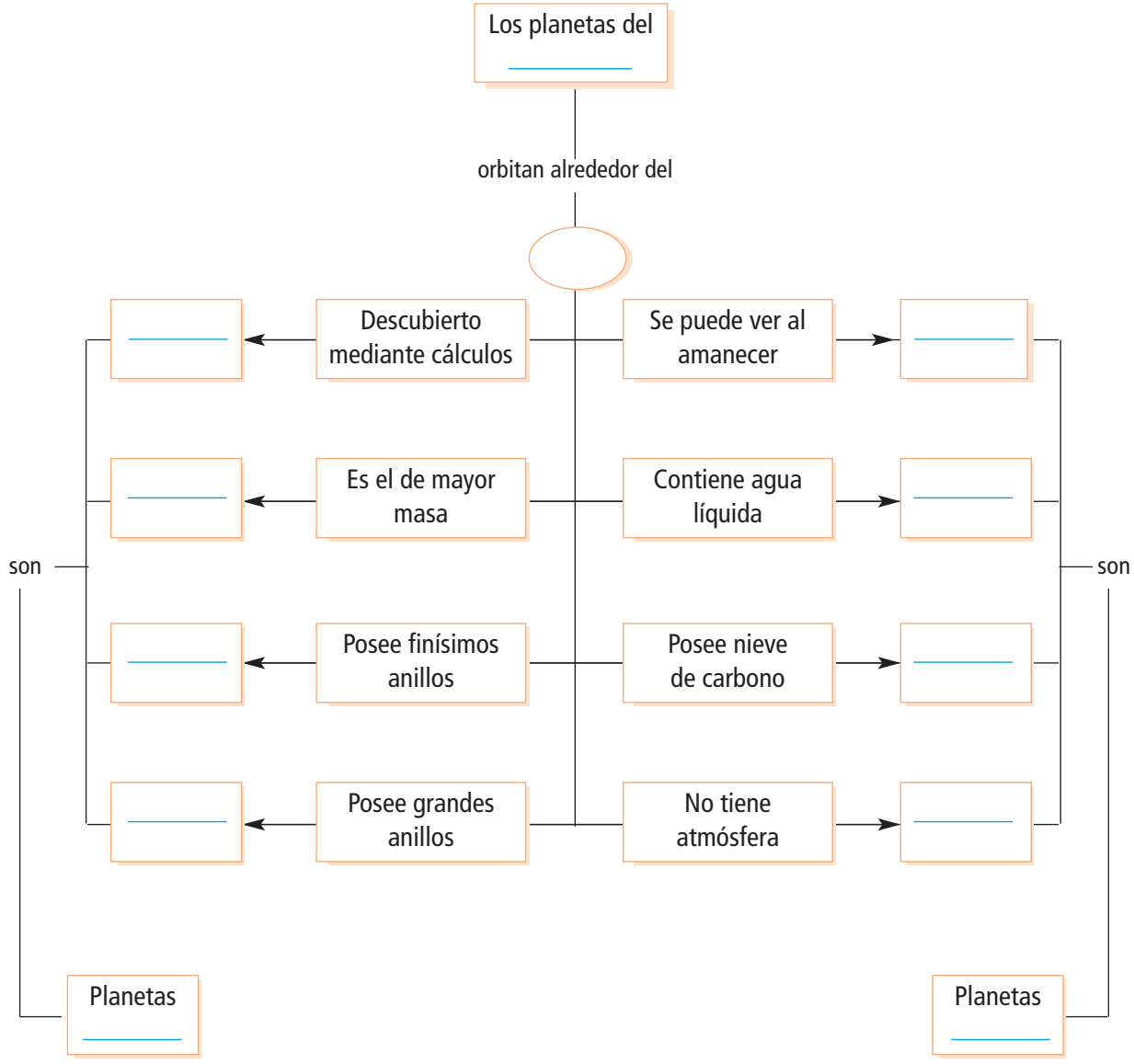
Neptuno. Fue descubierto en 1846, gracias a predicciones matemáticas, por el astrónomo Le Verrier, al observar perturbaciones gravitacionales en las órbitas de planetas cercanos. Aquello constituyó un gran triunfo de la ley de gravitación universal. De atmósfera tormentosa y delgadas nubes de cirros y metano helado. Su temperatura media es de –220 °C. Presenta los vientos más fuertes del Sistema Solar.

Conexión con… Mitología

Todos los planetas de nuestro sistema llevan el nombre de antiguos dioses, así Mercurio era un dios protector de viajeros y comerciantes, también conocido como un mensajero de los dioses. Venus era la diosa que representaba la belleza, el amor y la fecundidad. La Tierra se trataba del lugar donde los dioses decidían el destino de los hombres. Marte era el dios de la Guerra, mientras que Júpiter era el dios de los dioses, que utilizaba el rayo como elemento vengador contra el que osaba desobedecerle. Urano proviene de un antiguo dios romano, que era la personificación del cielo. A él se le atribuye el origen de las Erinias, los Gigantes y las Ninfas. Finalmente, Neptuno era el dios romano de las aguas. Además, hay muchos satélites naturales que llevan el nombre de antiguas divinidades.

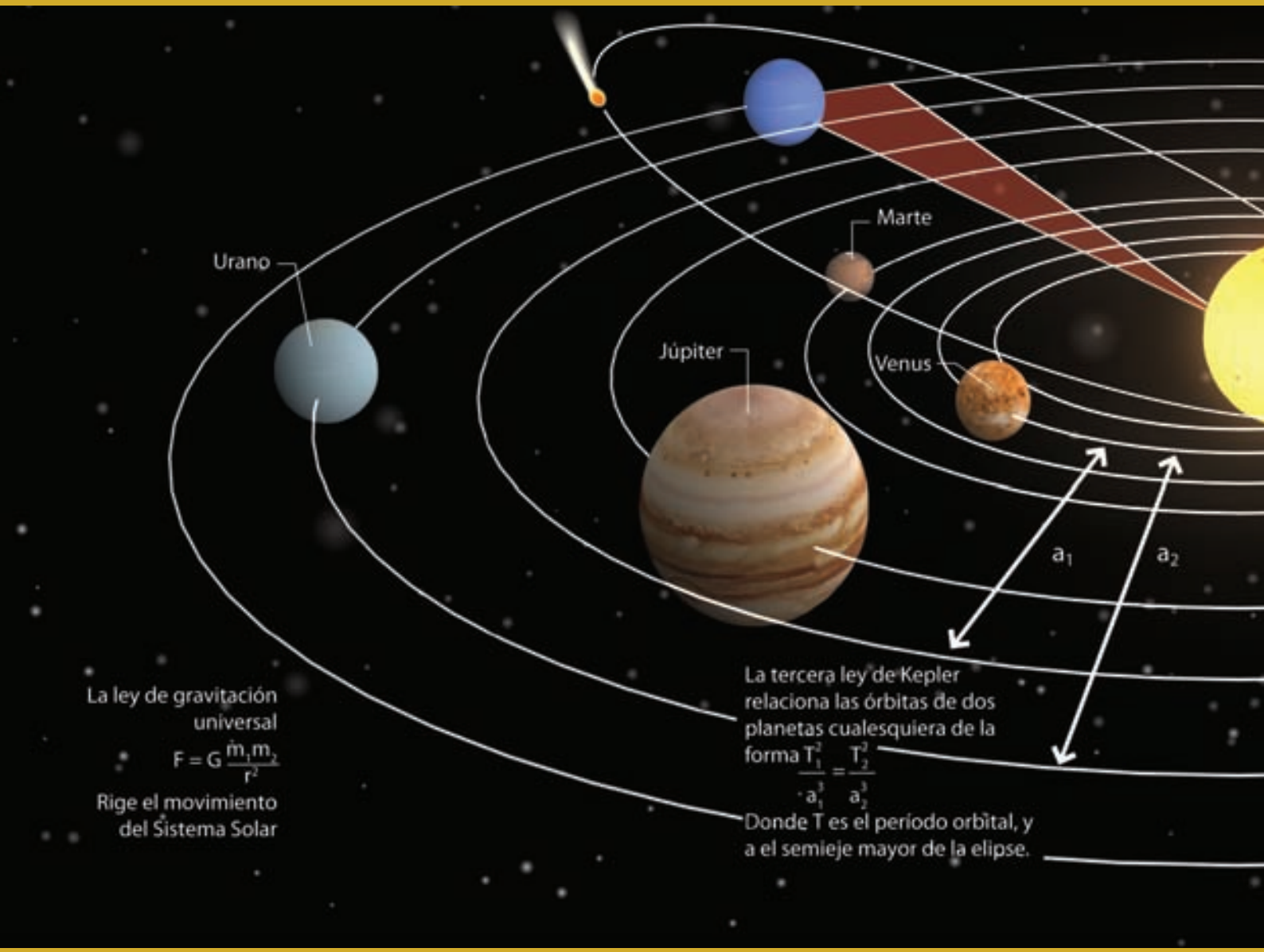
SÍNTESIS

Copia y completa el siguiente esquema en tu cuaderno:



EVALUACIÓN DE PROCESO

1. ¿Cuáles son las condiciones que debe reunir un cuerpo celeste para ser considerado planeta?
2. Explica algunas consecuencias de la ley de gravitación universal en el Sistema Solar.
3. ¿Cómo podrías calcular la constante ***k*** de la tercera ley de Kepler, utilizando los datos de la Tabla 2 (página 177)? Realízalo con los datos de Júpiter.
4. Ordena de forma ascendente los valores de la aceleración de gravedad en la superficie de los planetas; ¿coincide con el orden ascendente de sus masas?, ¿qué conclusiones podrías sacar de aquello?


Urano
Marte
Júpiter
Venus
a_1
a_2
La ley de gravitación universal
$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$
Rige el movimiento del Sistema Solar
La tercera ley de Kepler relaciona las órbitas de dos planetas cualesquiera de la forma $\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3}$
Donde T es el período orbital, y a el semieje mayor de la elipse.

Línea de tiempo

(310-230 a. C.)

Aristarco de Samos , astrónomo y matemático griego, se dio cuenta de que el tamaño del Sol era mucho mayor que el de la Tierra.

(100 a. C.)

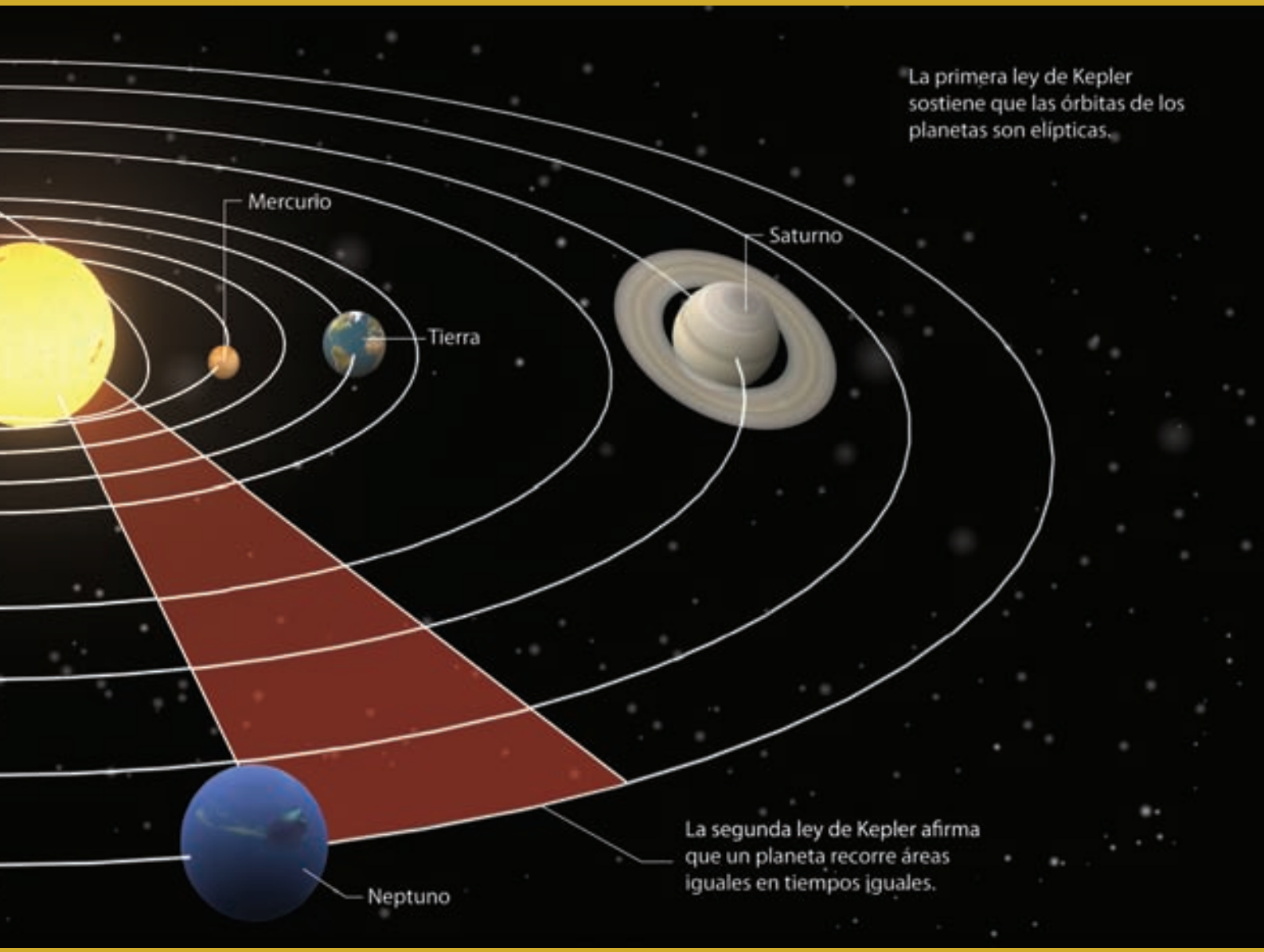
En la Biblioteca de la ciudad de Alejandría (Egipto) se reunió gran parte del pensamiento del mundo antiguo; fue un centro de gran proliferación de ideas y estudios.

Claudio Ptolomeo vivió alrededor del 100 a.C. en Alejandría; se dedicó a la astronomía, la matemática y la geografía, entre otras áreas.

(1473-1543)

En aquella época se salía de la edad media, el pensamiento estaba bajo la vigilancia atenta de la religión y de los dogmas imperantes en la época.

Nicolás Copérnico, astrónomo polaco. Volvió al sistema heliocéntrico de Aristarco, pero no pudo librarse de la idea de órbitas circulares. Aquello no coincidía con los resultados obtenidos por las observaciones astronómicas, así que tuvo que recurrir a explicaciones auxiliares.


La primera ley de Kepler sostiene que las órbitas de los planetas son elípticas.
Mercurio
Saturno
Tierra
La segunda ley de Kepler afirma que un planeta recorre áreas iguales en tiempos iguales.
Neptuno

Línea de tiempo

(1546-1601)

(1571-1630)

Durante el período de la ilustración (siglos XVII y XVIII), se favoreció mucho el desarrollo de la razón, y por consecuencia de las Matemáticas y la Física; se desarrolló principalmente desde Francia, pero se expandió al resto de Europa. En el arte tiene su manifestación en el movimiento llamado neoclasicismo.

(1643-1727)

Tycho Brahe, astrónomo danés, perfeccionó en la ciencia astronómica la observación, para lo cual construyó sofisticados instrumentos de medida.

Johanes Kepler, astrónomo y matemático alemán. Fue el primero en establecer que la órbita de los planetas alrededor del Sol no era circular, sino elíptica.

Isaac Newton, físico y matemático inglés, resolvió el problema del movimiento de los planetas y los astros en su ley de gravitación universal.

RESPONDE EN TU CUADERNO

Regresa a las páginas 146 y 147 y resuelve nuevamente la evaluación diagnóstica, ¿cómo fue tu porcentaje de logro en relación a la vez anterior?

Comprendo

Resuelve las siguientes preguntas.

1. **¿Qué medidas astronómicas fueron decisivas, para que Kepler pudiera formular su primera ley?**

2. **Un cuerpo del Sistema Solar tiene una excentricidad $e_A = 0,05$, y otro cuerpo una excentricidad de valor $e_B = 0,8$. ¿Cuál de ellos corresponderá a un cometa, y cuál a un planeta?**

3. **En relación a los planetas del Sistema Solar se afirma que:**

   I. describen órbitas elípticas.

   II. sus períodos orbitales aumentan a medida que se aproximan al Sol.

   III. permanecen en órbita debido a la acción de la fuerza gravitacional.

   ¿Cuál(es) de ellas es(son) correcta(s)?

   A) Solo I. B) Solo II. C) Solo III. D) Solo I y III.

4. **En relación al punto más cercano en la órbita de un planeta al Sol, se puede afirmar que:**

   A) se llama perihelio y en él la velocidad del planeta es máxima.

   B) se llama perihelio y en él la velocidad del planeta es mínima.

   C) se llama afelio y en él la velocidad del planeta es máxima.

   D) se llama afelio y en él la velocidad del planeta es mínima.

5. **A partir de la expresión cualitativa de la ley de gravitación universal explica:**

   A) ¿es posible que en algún lugar del Sistema Solar no actúe la fuerza de gravedad?

   B) ¿qué sucedería con la Tierra si la masa del Sol aumentara al doble?

   C) ¿qué le pasaría a la Luna si la masa de la Tierra disminuyera?

   D) si la Tierra se alejara del Sol, ¿qué le pasaría a la fuerza de atracción entre ambos?

6. **¿Cuáles de las siguientes cualidades permiten identificar un cuerpo como planeta?**

   I. Debe ser aproximadamente esférico.

   II. Debe girar en torno a una estrella.

   III. Su velocidad debe ser constante.

   A) Solo I. B) Solo II y III. C) Solo III. D) Solo I y II.

Analizo

1. **¿De qué manera el pensamiento científico validó la teoría heliocéntrica para el Sistema Solar, en desmedro de la geocéntrica?**

2. **En función de los valores de la Tabla 2:**

   a. calcula el valor de la constante k para la Tierra y para Venus (utiliza la tercera ley de Kepler). Usa años y UA como unidades físicas.

   b. ¿por qué es conveniente calcular el valor de *k* usando las órbitas de Venus y la Tierra, y en unidades de años y UA?

3. **Si el período de rotación del cometa Halley es de 76 años, calcula el semieje mayor de la elipse que describe en torno al Sol, utilizando la tercera ley de Kepler.**

4. **Dos cuerpos de masas M_1 y M_2, separados una distancia *r*, se atraen con una fuerza gravitatoria *F*.**

   a. Escribe en función de *F* el valor de la fuerza resultante.

   b. ¿Cuál es el valor de la nueva fuerza gravitacional, en función de *F*, entre ambos, si sus masas se reducen a la mitad y la distancia que los separa aumenta al triple?

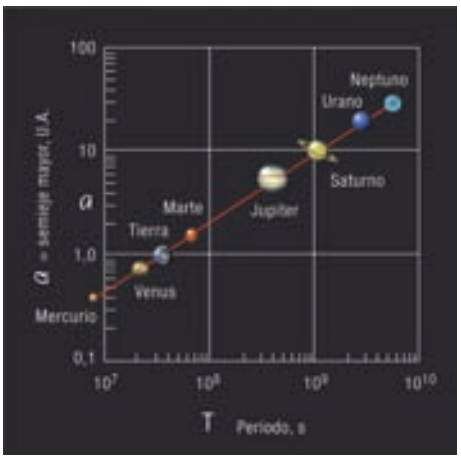
5. **Si la Tierra tiene un período orbital en torno al Sol de 1 año y el radio medio de su órbita es Ro, entonces, ¿cuál será el período orbital de un planeta X si su radio medio es 2Ro?**

   A) 6 años. B) 2 años. C) $\sqrt{8}$ años. D) 4 años.

RESPONDE EN TU CUADERNO

Aplico

1. **En el siguiente gráfico, se ha representado el período orbital (T) y el semieje mayor (a) de los ocho planetas del sistema solar. La escala utilizada es logarítmica y por eso el resultado es una recta. A partir de los datos responde:**



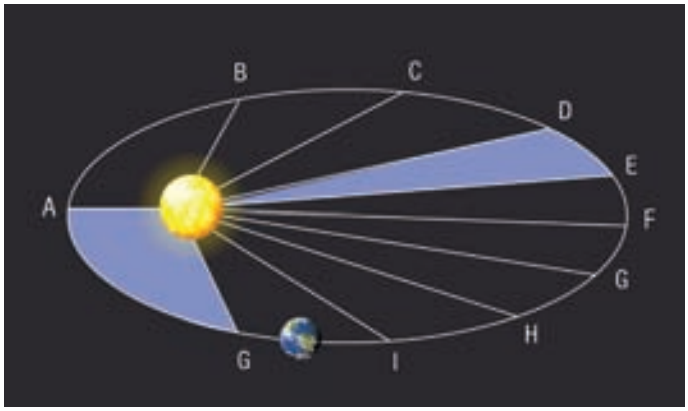
a. ¿Cuál de las tres leyes de Kepler está representada en el gráfico?

b. ¿Cómo se podría determinar a partir del gráfico, el valor del semieje mayor de las elipses orbitales y los períodos de los planetas?

c. Determina para Saturno los valores mencionados en el punto anterior.

d. ¿Qué tipo de curva resultaría si se graficaran el semieje mayor vs. el período en un gráfico con escala lineal? Explica.

2. **Observa el siguiente esquema.**



a. ¿Qué leyes se podrían explicar a través del esquema?

b. Si la división representa áreas iguales, ¿cómo será la velocidad del planeta representado en el tramo IG, comparada con la velocidad del tramo FG?

c. ¿En qué tramo orbital su velocidad será menor?

Día solar y día sideral, ¿cuál es la diferencia?

Antecedentes

Al observar las estrellas durante varias horas, apreciamos en ellas un movimiento relativo, debido el movimiento de rotación de la Tierra. El tiempo solar es el que demora en volver a la misma posición en el cielo, las 24 horas que corresponden a nuestra medida del día. El tiempo sideral, en cambio, es el medido por el movimiento aparente de la bóveda celeste. Sin embargo, debido a la lejanía de las estrellas, y a los movimientos de traslación y rotación terrestre, se tiene que el tiempo que demora una estrella en volver a una misma posición no corresponde a 24 horas.

1. Objetivo

Medir la diferencia de tiempo entre el día solar y el día sideral.

2. Planificación

Para realizar con éxito tu proyecto, es conveniente que te plantees algunas metas como:

- Definir el instrumento con el cual vas a realizar tus observaciones y reunir los materiales necesarios en caso de que tengas que construir tu propio instrumento.
- Elegir las condiciones en que vas a realizar tus observaciones.
- ¿Cuál es el objeto que vas a elegir para observar?
- ¿Qué coordenadas necesitas medir para determinar la posición del objeto observado?
- ¿Cada cuanto tiempo vas a realizar observaciones?

3. Ejecución

Una vez que hayas decidido todos los detalles de la investigación, sigue el plan de trabajo planteado, registrando los datos y las situaciones inesperadas que vayan ocurriendo.

4. Evaluación y análisis

Una vez obtenidos y registrados los datos debidamente, evalúalos, por ejemplo, a través de una gráfica, para luego analizarlos. Escribe un informe en que contrastes la hipótesis que habías planteado, explicando científicamente tus resultados.

5. Proyección

Piensa en una posible ampliación de tu investigación, considerando las magnitudes físicas que permanecieron constantes y que ahora pueden pasar a ser variables.

Unidad 1

Temperatura y calor

Página 10 Evaluación diagnóstica

1. **Roca:** sus partículas están muy juntas, tiene forma definida y la fuerza entre sus partículas es muy grande. Agua en el vaso: volumen definido pero la forma depende del recipiente. Gas en globo: su volumen y forma depende del recipiente, tiene la menor densidad, sus partículas están separadas y desordenadas.
2. **a.** líquido, gas **b.** disminuye **c.** temperatura **d.** calor
3. **a.** Calor en la estufa, luz en la lámpara, cinética en la mesa empujada, sonora en la televisión, eléctrica en las ampolletas, etc.
   b. Energía eléctrica en luz y calor, por ejemplo.
   c. Infrarrojo emitido por la estufa, por ejemplo.
   d. Calor que se percibe en su entorno.

Página 18 Actividad 3

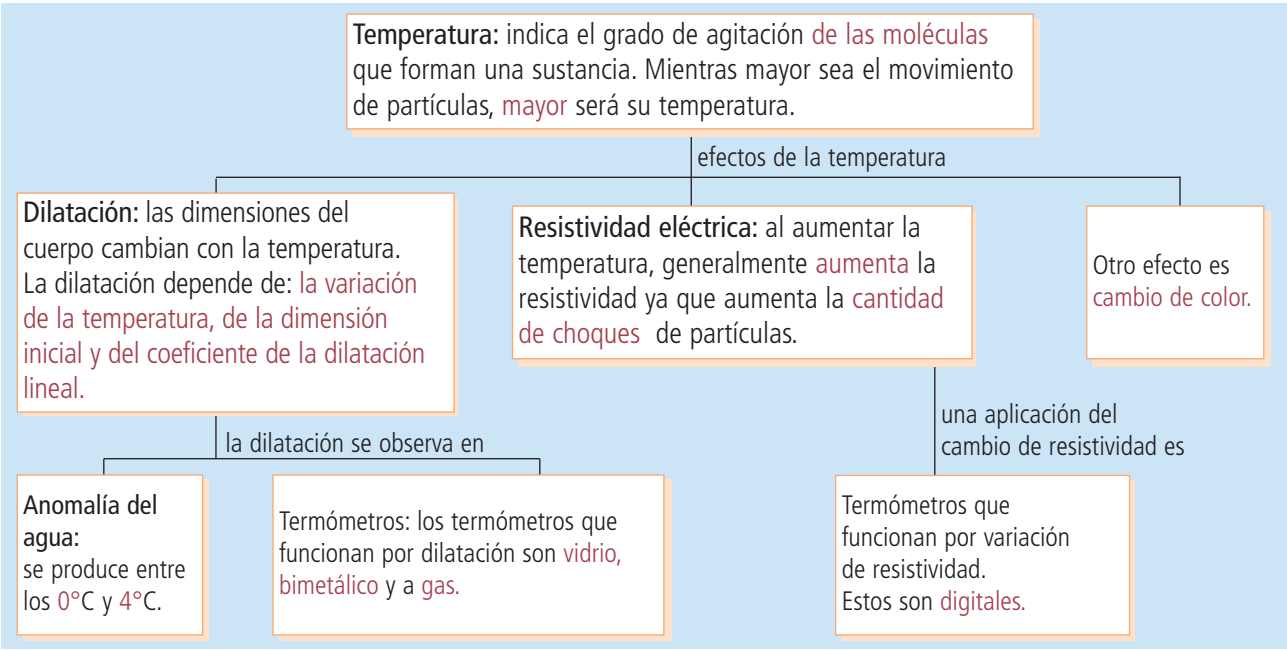
1. Plomo.
2. Vidrio pirex.
3. Que su longitud (comparativamente a otros materiales) varía más, en respuesta a las mismas variaciones de temperatura.

Página 20 Actividad 4

1. A los 4 °C.
2. A los 4 °C.
3. A los 4 °C, puesto que el agua más densa se encuentra más profunda.

Página 26 Síntesis

Esquema


Temperatura: indica el grado de agitación de las moléculas que forman una sustancia. Mientras mayor sea el movimiento de partículas, mayor será su temperatura.
efectos de la temperatura
Dilatación: las dimensiones del cuerpo cambian con la temperatura. La dilatación depende de: la variación de la temperatura, de la dimensión inicial y del coeficiente de la dilatación lineal.
Resistividad eléctrica: al aumentar la temperatura, generalmente aumenta la resistividad ya que aumenta la cantidad de choques de partículas.
Otro efecto es cambio de color.
la dilatación se observa en
una aplicación del cambio de resistividad es
Anomalía del agua: se produce entre los 0°C y 4°C.
Termómetros: los termómetros que funcionan por dilatación son vidrio, bimetálico y a gas.
Termómetros que funcionan por variación de resistividad. Estos son digitales.

Página 26 Evaluación de proceso

1. 49,97 m **2.** $1 \times 10^{-4}\ ^{\circ}C^{-1}$

Página 39 Actividad 12

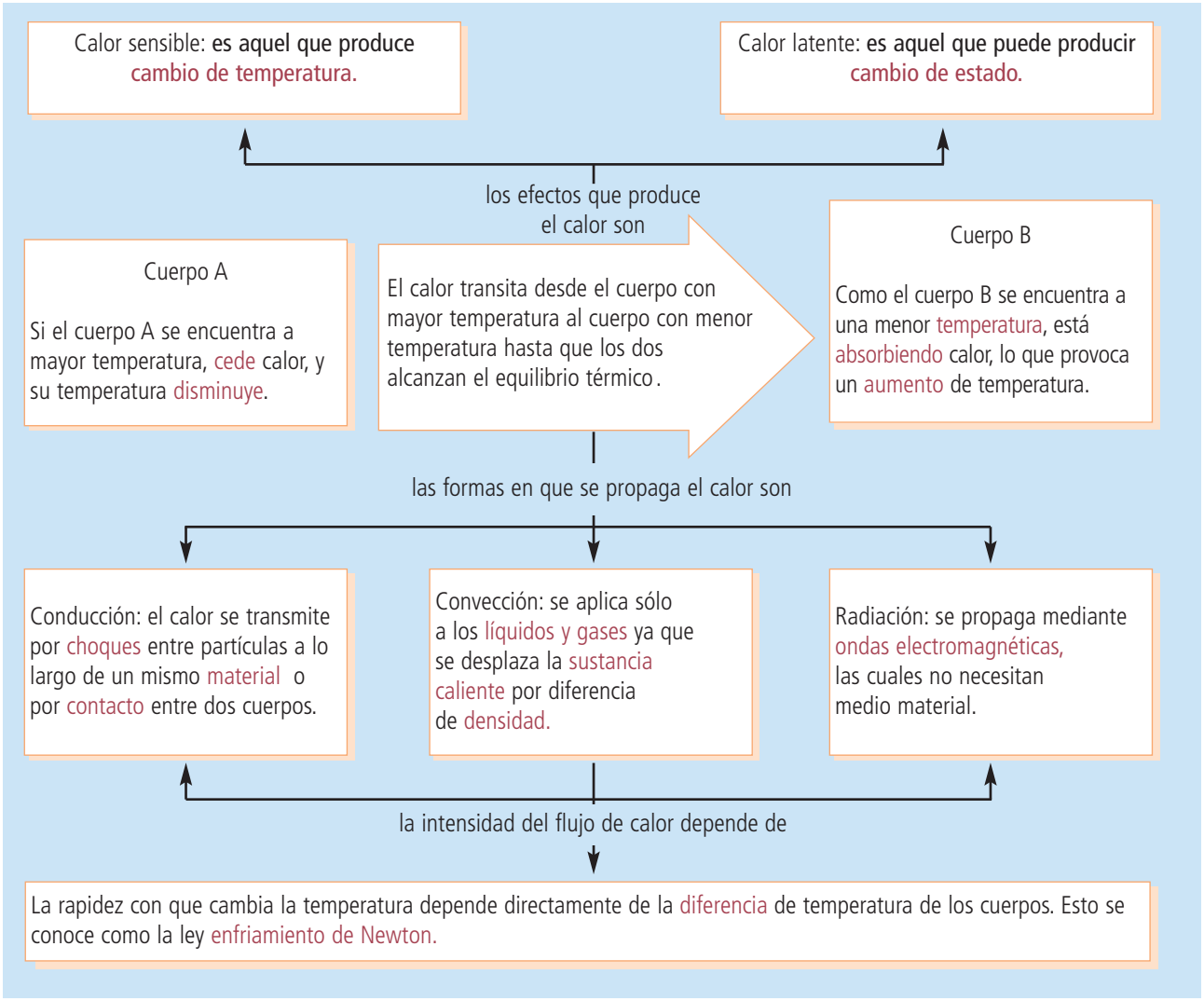
a. 0 °C. **b.** 0 °C.
c. Si, a 0 °C. **d.** La forma de la molécula de agua.

Página 40 Actividad 13

a. Significa que en su punto de fusión cada unidad de masa de oxígeno sólido requiere absorber menos cantidad de calor para cambiar de estado que cada unidad de masa de otras sustancias de la tabla (también en sus respectivos puntos de fusión).
b. No, porque las fuerzas de enlace de cada una de las fases es diferente.

Página 45 Síntesis

Esquema


Calor sensible: es aquel que produce cambio de temperatura.
Calor latente: es aquel que puede producir cambio de estado.
los efectos que produce el calor son
Cuerpo A
Si el cuerpo A se encuentra a mayor temperatura, cede calor, y su temperatura disminuye.
El calor transita desde el cuerpo con mayor temperatura al cuerpo con menor temperatura hasta que los dos alcanzan el equilibrio térmico.
Cuerpo B
Como el cuerpo B se encuentra a una menor temperatura, está absorbiendo calor, lo que provoca un aumento de temperatura.
las formas en que se propaga el calor son
Conducción: el calor se transmite por choques entre partículas a lo largo de un mismo material o por contacto entre dos cuerpos.
Convección: se aplica sólo a los líquidos y gases ya que se desplaza la sustancia caliente por diferencia de densidad.
Radiación: se propaga mediante ondas electromagnéticas, las cuales no necesitan medio material.
la intensidad del flujo de calor depende de
La rapidez con que cambia la temperatura depende directamente de la diferencia de temperatura de los cuerpos. Esto se conoce como la ley enfriamiento de Newton.

Página 45 Evaluación de proceso

1. $Q = -451{,}8\,J = -107{,}9$ cal

Página 48 Evaluación final

Comprendo

1. B
2. C
3. E
4. A

Página 49 Evaluación final

Analizo

5. C
6. D
7. A
8. B

Página 50 Evaluación final

Aplico

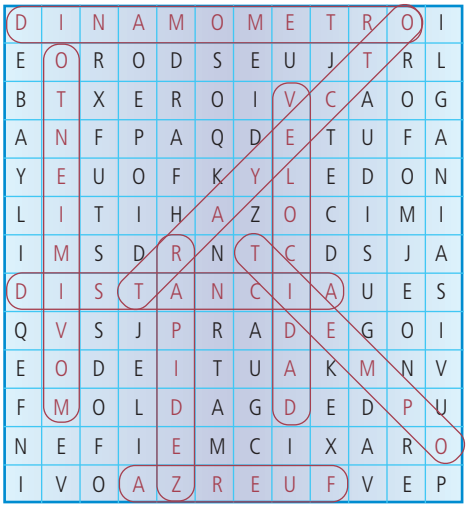
9. E
10. D
11. D
12. B

Unidad 2

Fuerza y movimiento

Página 54 Evaluación diagnóstica

Sopa de letras


D I N A M O M E T R O I
E O R O D S E U J T R L
B T X E R O I V C A O G
A N F P A Q D E T U F A
Y E U O F K Y L E D O N
L I T I H A Z O C I M I
I M S D R N T C D S J A
D I S T A N C I A U E S
Q V S J P R A D E G O I
E O D E I T U A K M N V
F M O L D A G D E D P U
N E F I E M C I X A R O
I V O A Z R E U F V E P

2. **a.** D **b.** B

Página 55 Evaluación diagnóstica

3. Se equilibran, la fuerza neta es nula.

4. Fuerza sobre un resorte.

5. Los dinanómetros.

6. 5 cm.

Página 60 Para trabajar

1. Posición inicial: (2 cm , 5 cm), posición final: (8 cm , 5 cm).

2. 6 cm.

3. 13,42 cm.

3a. Se podría considerar como una trayectoria compuesta por tramos curvos y tramos rectilíneos.

3b. El vuelo real de la mosca sucede en el espacio (tres dimensiones), mientras que en el caso ideal representado sucede en el plano (dos dimensiones). Además el vuelo de una mosca tiene trayectoria irregular y lo realiza a una velocidad que dificulta su medida.

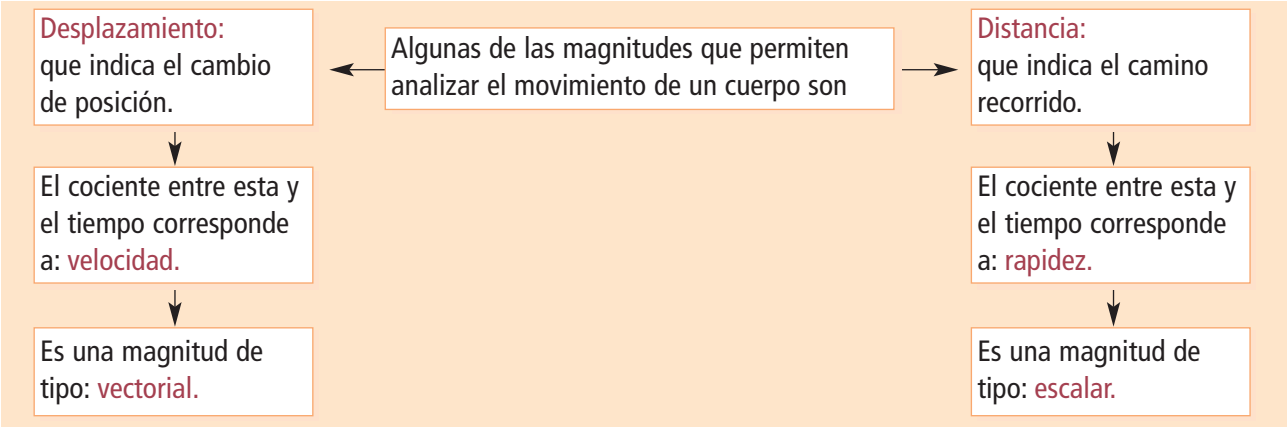
Página 62 Actividad 4

a. 1,3 m/s **b.** 3 m/s

c. 2,3 m/s **d.** El vehículo va modificando su velocidad a medida que se desplaza.

Página 63 Síntesis

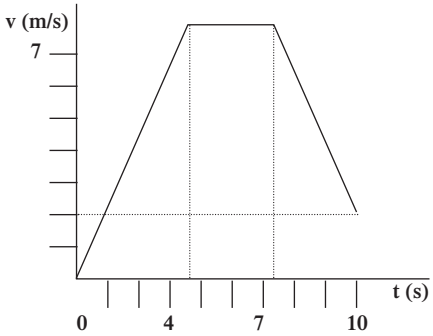
Esquema


Algunas de las magnitudes que permiten analizar el movimiento de un cuerpo son
Desplazamiento: que indica el cambio de posición.
El cociente entre esta y el tiempo corresponde a: velocidad.
Es una magnitud de tipo: vectorial.
Distancia: que indica el camino recorrido.
El cociente entre esta y el tiempo corresponde a: rapidez.
Es una magnitud de tipo: escalar.

Página 63 Evaluación de proceso

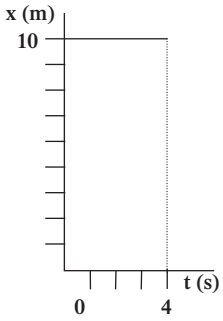
1. **a.** $\Delta d = 18$ cm **b.** $\Delta x = 58$ cm
2. Rapidez 0,58 m/s; velocidad 0,17 m/s.
3. Trayectoria cerrada.

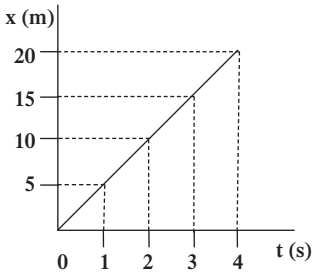
Página 69 Actividad 6

1. 

2 **a.** Sí.
b. Los tres tramos presentan aceleración diferente.
c. En el primer tramo.
d. Entre los 4 y 7 segundos.
e. Entre los 7 y los 10 segundos.
f. En el instante t = 11 s.

Página 70 Actividad 7

1. 

2. 

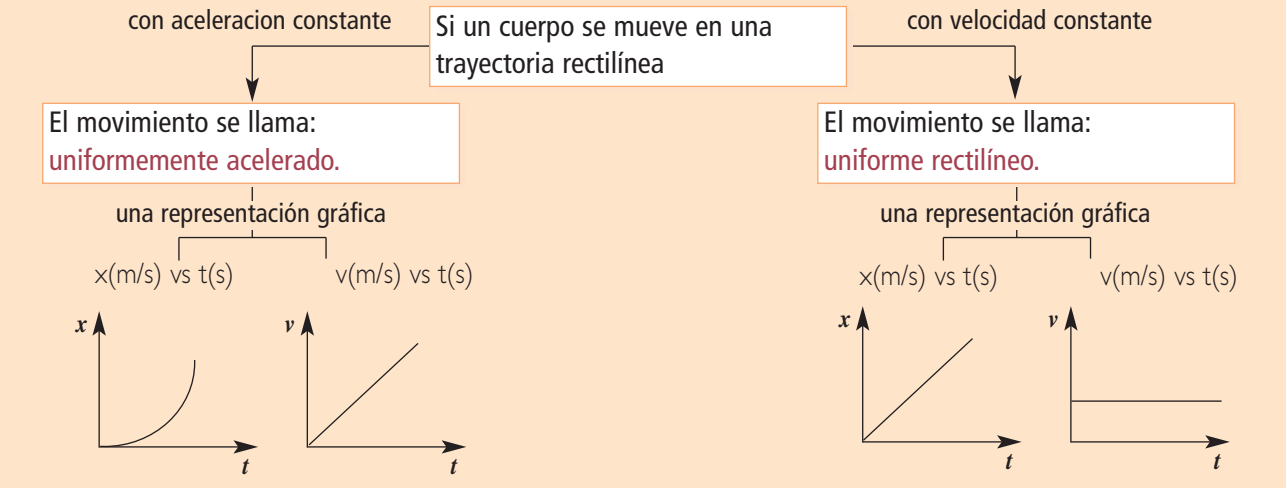
Página 72 Actividad 8

Tiempo (s)	0	1	2	3	4
Posición (m)	0	4	10	24	40

a. No, la moto recorre cada vez más distancia en intervalos iguales de tiempo.
b. Va más rápido a medida que aumenta el tiempo.

Página 75 Síntesis

Esquema



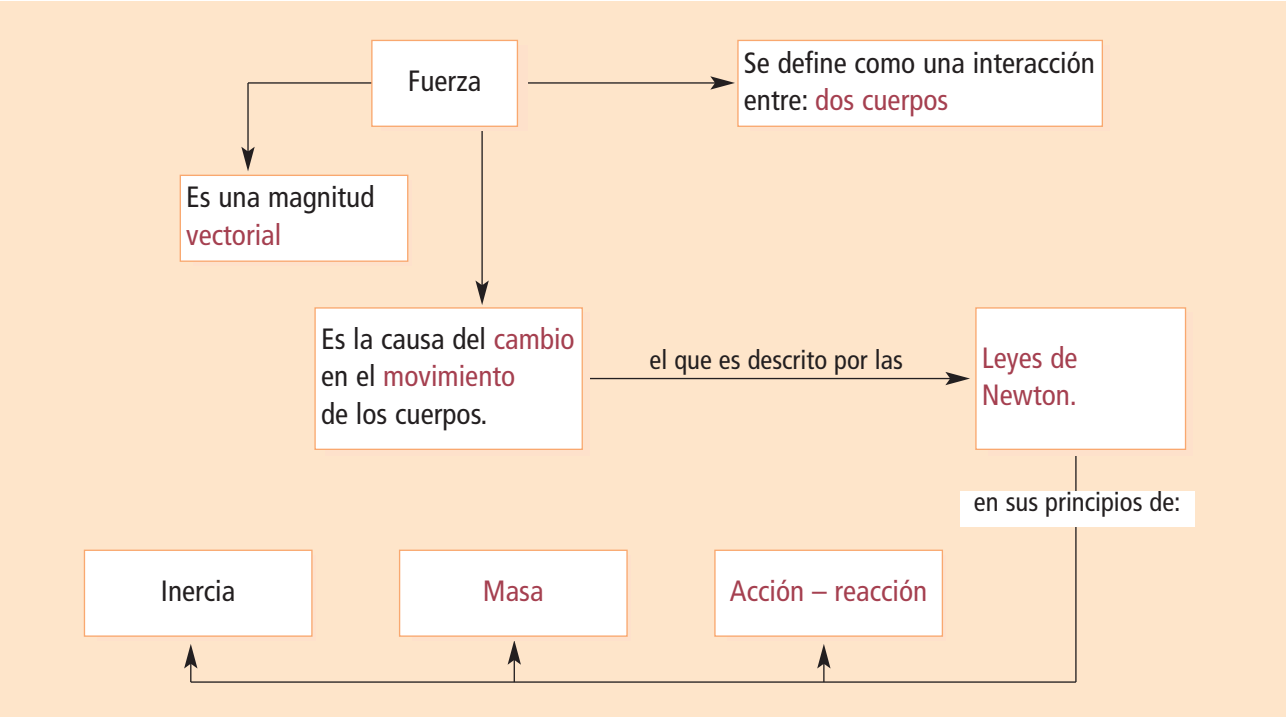
Página 75 Evaluación de proceso

1. **a.** Entre 0 y 2 s, se aleja desde el origen hasta alcanzar la posición 5 m; entre 2 y 4 s está detenido; entre 4 y 6 s retorna pasando por el origen y se aleja en sentido contrario hasta la posición -10 m; entre 6 y 8 s, retorna al origen.

   b. Entre 0 y 2 s 2,5 m/s; entre 2 y 4 s 0 m/s; entre 4 y 6 s –7,5 m/s y entre 6 y 8 s 5m/s.

Página 85 Síntesis

Esquema


Fuerza
Se define como una interacción entre: dos cuerpos
Es una magnitud vectorial
Es la causa del cambio en el movimiento de los cuerpos.
el que es descrito por las
Leyes de Newton.
en sus principios de:
Inercia
Masa
Acción – reacción

Página 85 Evaluación de proceso

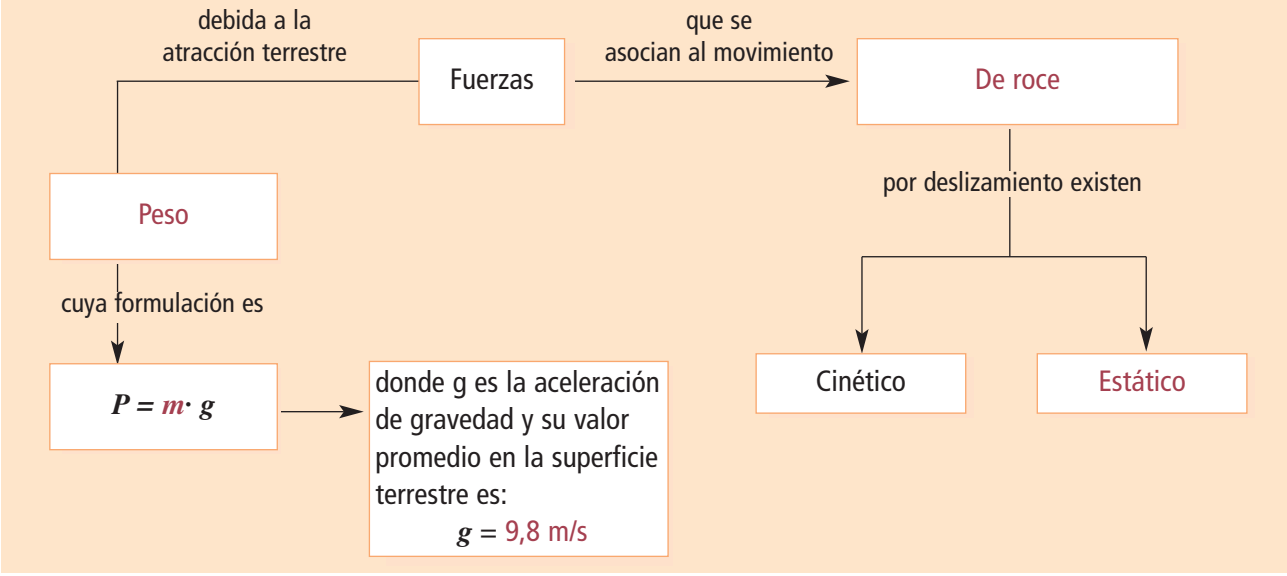
1. F = 15 N

2. Principio de inercia: cuando un vehículo frena, el cuerpo se va hacia delante; cuando se avanza en una bicicleta y se deja de pedalear, la bicicleta sigue en movimiento. Principio de acción y reacción: cuando sale aire de un globo inflado, aquel se mueve en sentido contrario del aire; al dispararse un cañón se impulsa hacia atrás, mientras la bala sale en sentido contrario.

3. m = 211,1 kg

Página 91 Síntesis

Esquema



Página 91 Evaluación de proceso

1. Por rodadura.

2. **a.** $F_{estático} = 4,9$ N y $F_{dinámico} = 2,8$ N

   b. Con 0,5 N hay reposo y la fuerza de roce es estática, con 6N, movimiento acelerado y la fuerza de roce es dinámica.

3. P = 98 N.

Página 94 Evaluación final

Comprendo

1. D 2. E 3. B 4. D

Página 95 Evaluación final

Analizo

1. D 2. A 3. C 4. D

Página 96 Evaluación final

Aplico

1. B 2. D 3. C

Unidad 3

Trabajo y energía

Página 100 Evaluación diagnóstica

1.

Velocidad constante	Velocidad variable
D	A
E	B
G	C
	F
	H
	I

2. **a.** V

b. F

La energía se transforma transmitiéndose de un cuerpo a otro.

c. V

d. V

e. F

En un sistema aislado la energía total es constante

f. F

Pueden existir fuerzas, pero la suma de ellas es nula

Página 101 Evaluación diagnóstica

3. **a.** A

b. C

c. C

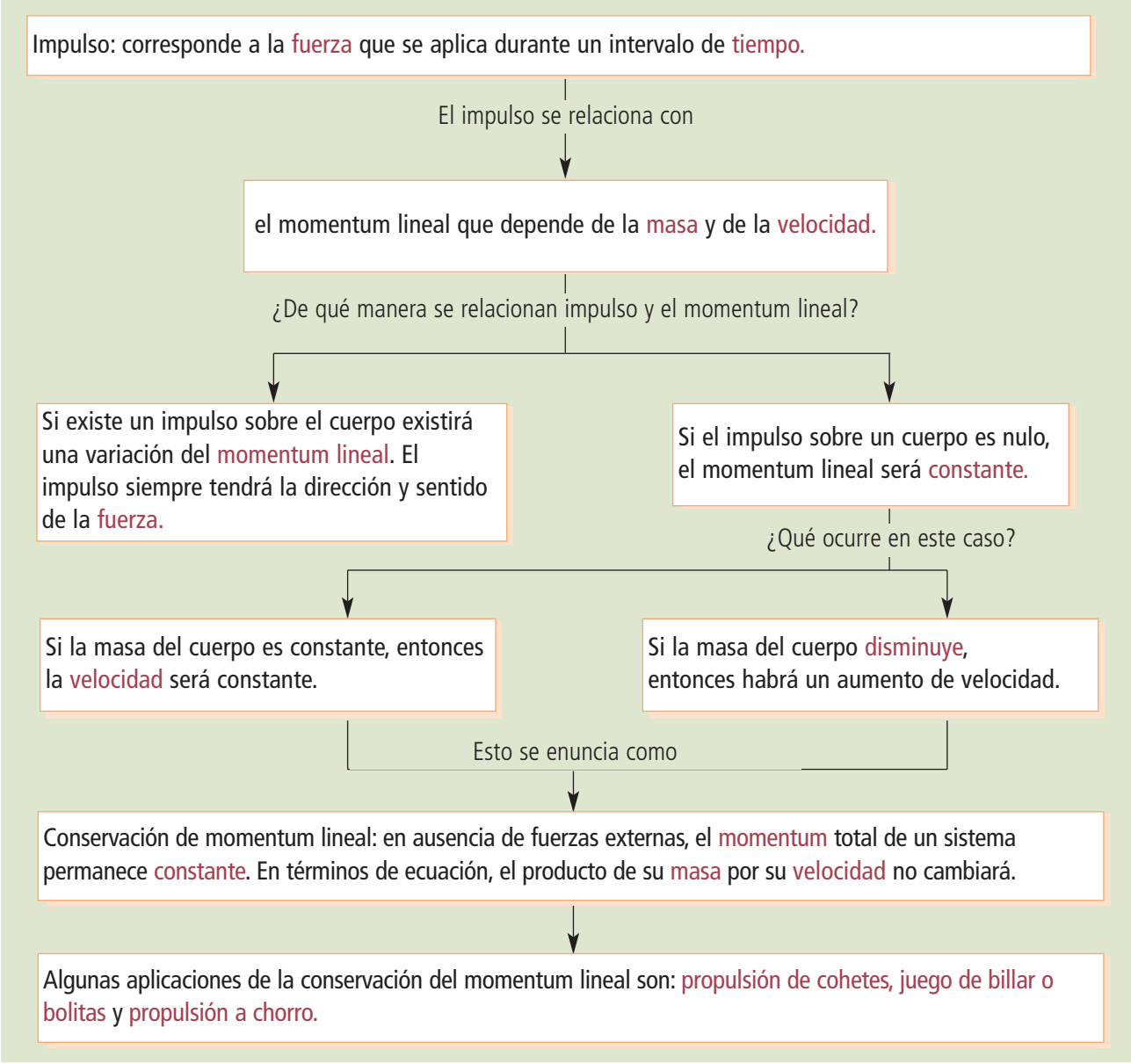
d. B

e. A

f. B

Página 112 Síntesis

Esquema

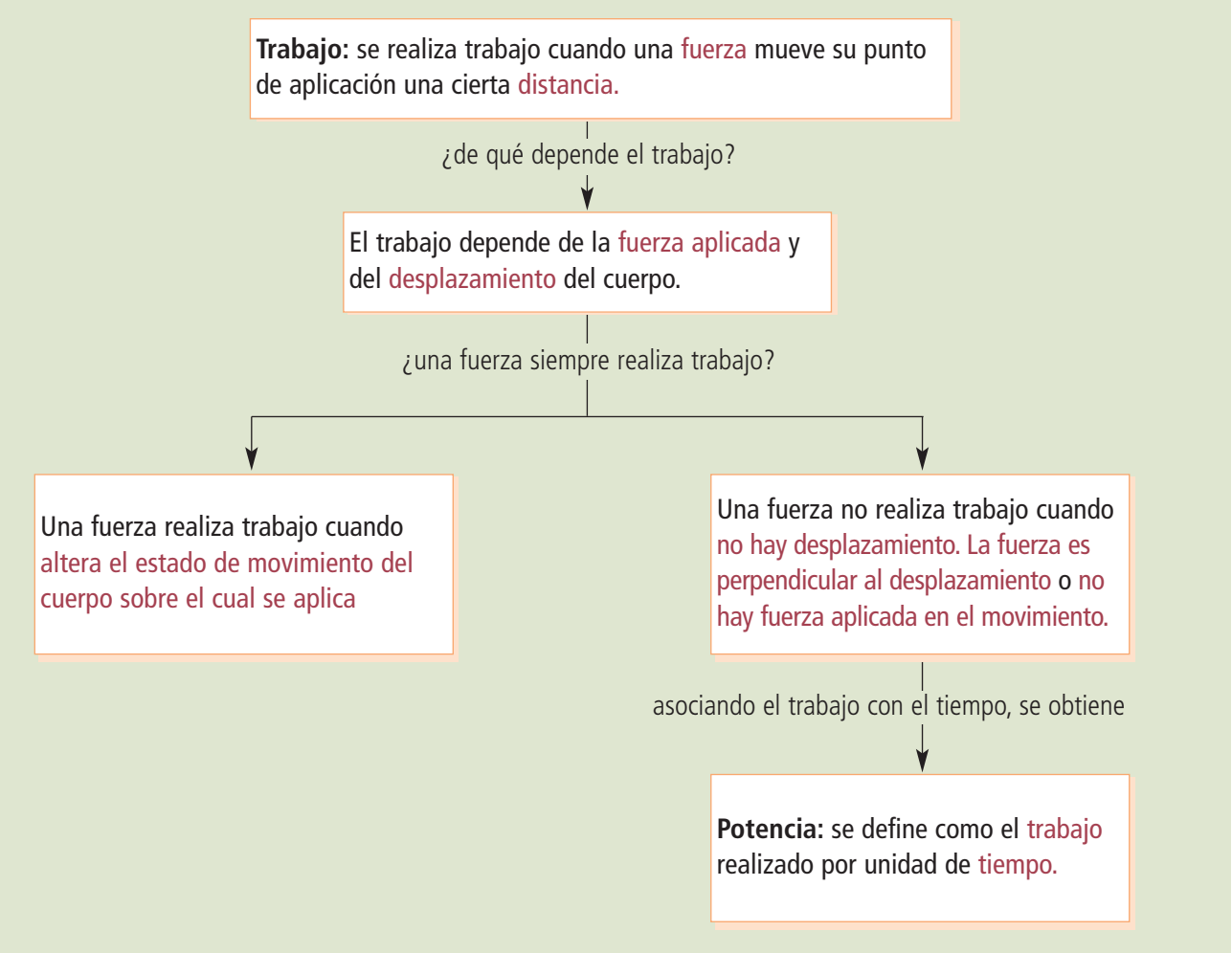

Impulso: corresponde a la fuerza que se aplica durante un intervalo de tiempo.
El impulso se relaciona con
el momentum lineal que depende de la masa y de la velocidad.
¿De qué manera se relacionan impulso y el momentum lineal?
Si existe un impulso sobre el cuerpo existirá una variación del momentum lineal. El impulso siempre tendrá la dirección y sentido de la fuerza.
Si el impulso sobre un cuerpo es nulo, el momentum lineal será constante.
¿Qué ocurre en este caso?
Si la masa del cuerpo es constante, entonces la velocidad será constante.
Si la masa del cuerpo disminuye, entonces habrá un aumento de velocidad.
Esto se enuncia como
Conservación de momentum lineal: en ausencia de fuerzas externas, el momentum total de un sistema permanece constante. En términos de ecuación, el producto de su masa por su velocidad no cambiará.
Algunas aplicaciones de la conservación del momentum lineal son: propulsión de cohetes, juego de billar o bolitas y propulsión a chorro.

Página 112 Evaluación de proceso

1. El momentum inicial es cero, por lo tanto, después de la explosión el momentum total debe seguir siendo nulo. Si un trozo se mueve hacia el norte el otro se deberá mover hacia el sur, con momentum de igual magnitud. Si el momentum del primero es $p = 10 \times m/3 = 10m/3$, el momentum del segundo es de igual magnitud, esto es, $v \times 2m/3 = 10m/3$. Despejando se obtiene $v = 5$ m/s. Esto es, si la masa es el doble, la rapidez que adquiere es la mitad.
2. Si el impulso es nulo, el momentum es constante, no varía. Si inicialmente el momentum es cero, seguirá siendo cero, por lo cual el sistema permanece en reposo.

Página 121 Síntesis

Esquema

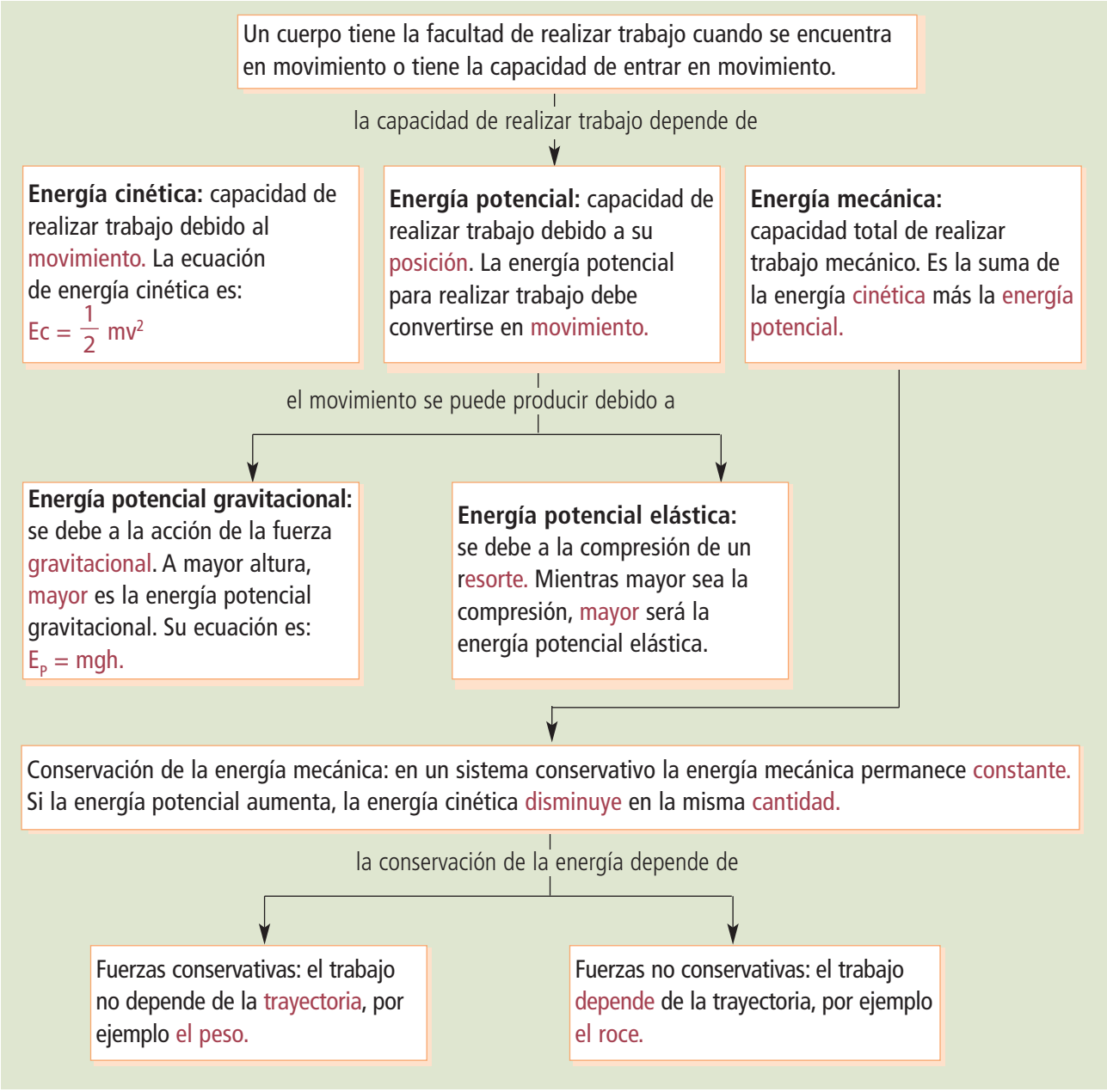

Trabajo: se realiza trabajo cuando una fuerza mueve su punto de aplicación una cierta distancia.
¿de qué depende el trabajo?
El trabajo depende de la fuerza aplicada y del desplazamiento del cuerpo.
¿una fuerza siempre realiza trabajo?
Una fuerza realiza trabajo cuando altera el estado de movimiento del cuerpo sobre el cual se aplica
Una fuerza no realiza trabajo cuando no hay desplazamiento. La fuerza es perpendicular al desplazamiento o no hay fuerza aplicada en el movimiento.
asociando el trabajo con el tiempo, se obtiene
Potencia: se define como el trabajo realizado por unidad de tiempo.

Página 121 Evaluación de proceso

1. La fuerza aplicada realiza trabajo porque está afectando al desplazamiento del cuerpo; está siendo aplicada en el mismo sentido del movimiento. El peso realiza trabajo negativo porque se opone al desplazamiento. Ambos trabajos son de igual módulo, por lo que el trabajo neto es cero.
2. El trabajo resultante en la primera situación es de 50 J, por lo que el trabajo realizado por la segunda fuerza puede ser igual si el desplazamiento es mayor, en este caso sería de 25 m.
3. La primera grúa desarrolla una potencia de 1000 W y la segunda una potencia de 1600 W. Por lo tanto, la segunda desarrolla una mayor potencia.
4. Es falso, ya que es posible que esa fuerza no produzca un desplazamiento del cuerpo, o bien sea perpendicular al movimiento. Por lo tanto, no habría trabajo realizado.

Página 136 Síntesis

Esquema


Un cuerpo tiene la facultad de realizar trabajo cuando se encuentra en movimiento o tiene la capacidad de entrar en movimiento.
la capacidad de realizar trabajo depende de
Energía cinética: capacidad de realizar trabajo debido al movimiento. La ecuación de energía cinética es: Ec = 1/2 mv²
Energía potencial: capacidad de realizar trabajo debido a su posición. La energía potencial para realizar trabajo debe convertirse en movimiento.
Energía mecánica: capacidad total de realizar trabajo mecánico. Es la suma de la energía cinética más la energía potencial.
el movimiento se puede producir debido a
Energía potencial gravitacional: se debe a la acción de la fuerza gravitacional. A mayor altura, mayor es la energía potencial gravitacional. Su ecuación es: Ep = mgh.
Energía potencial elástica: se debe a la compresión de un resorte. Mientras mayor sea la compresión, mayor será la energía potencial elástica.
Conservación de la energía mecánica: en un sistema conservativo la energía mecánica permanece constante. Si la energía potencial aumenta, la energía cinética disminuye en la misma cantidad.
la conservación de la energía depende de
Fuerzas conservativas: el trabajo no depende de la trayectoria, por ejemplo el peso.
Fuerzas no conservativas: el trabajo depende de la trayectoria, por ejemplo el roce.

Página 136 Evaluación de proceso

1. La energía inicial es solo potencial, su valor es de EP = 20 x 9,8 x 5 = 980 J. La energía final es solo cinética, su valor es EC = 40 J. La disipación de energía será E = 940 J.
2. La energía potencial que tiene inicialmente es igual a la energía cinética que adquiere finalmente. Si la energía inicial es 98 J, la rapidez final será v = 14 m/s.

Página 140 Evaluación final

Comprendo

1. C

2. D

3. B

Página 141 Evaluación final

Analizo

4. C

5. E

6. E

7. B

Página 142 Evaluación final

Aplico

8. C

9. B

10. C

11. A

Unidad 4 Tierra y Universo

Página 146 Evaluación diagnóstica

1. C
2. B y C
3. Galaxia: es una estructura formada por estrellas, nubes de gas y polvo, planetas y otros cuerpos, unidos gravitacionalmente.

- Estrella: cuerpo celeste que brilla con luz propia.
- Asteroide: cuerpo rocoso de menos tamaño que un planeta y que orbita alrededor del Sol.
- Cometa: cuerpos formados por hielo y rocas que orbitan alrededor del Sol.
- Planeta: cuerpo celeste esférico que orbita una estrella y cuya vecindad está limpia de cuerpos más pequeños.
- Satélite planetario: cuerpo celeste que orbita un planeta.
- Nebulosa: regiones del espacio formadas por polvo y gas, en donde se originan las estrellas.
- Constelación: agrupación convencional de estrellas.
- Agujero negro: región del espacio donde existe una altísima densidad de masa y una alta fuerza de atracción gravitacional.

4. **a.** La sucesión del día y la noche.

   b. El movimiento de traslación de la Tierra, produce un cambio relativo en la dirección del eje terrestre. Esto tiene como consecuencia que se produzcan las estaciones del año.

   c. Las estaciones del año se deben al eje inclinado de la Tierra respecto a la eclíptica, ya que a medida que la Tierra orbita alrededor del Sol, un hemisferio puede estar más lejano (invierno) o más cercano (verano) respecto del Sol. La inclinación del eje posibilita además que dicho hemisferio adquiera posiciones intermedias (otoño y primavera).

Página 147 Evaluación diagnóstica

5. Recuadro A.
6. Se podría argumentar que es la Tierra la que se mueve, así como para dos barcos que están uno al lado de otro, es difícil distinguir cuál de los dos se mueve. También se podría mencionar lo irregular del movimiento de los planetas, como una debilidad del modelo.
7. A través de dos ángulos: uno respecto del plano terrestre y otro respecto de la elevación, además de una referencia temporal.

Página 156 Actividad 2

a. La órbita de Venus.

b. Habría épocas del año en que el planeta pasaría muy cerca del Sol, y en otras pasaría muy lejos. Esto produciría grandes alteraciones en el clima de este planeta, calentándose en extremo, cuando la órbita se encuentre más cercana al Sol y enfriándose cuando la órbita se encuentre más lejana.

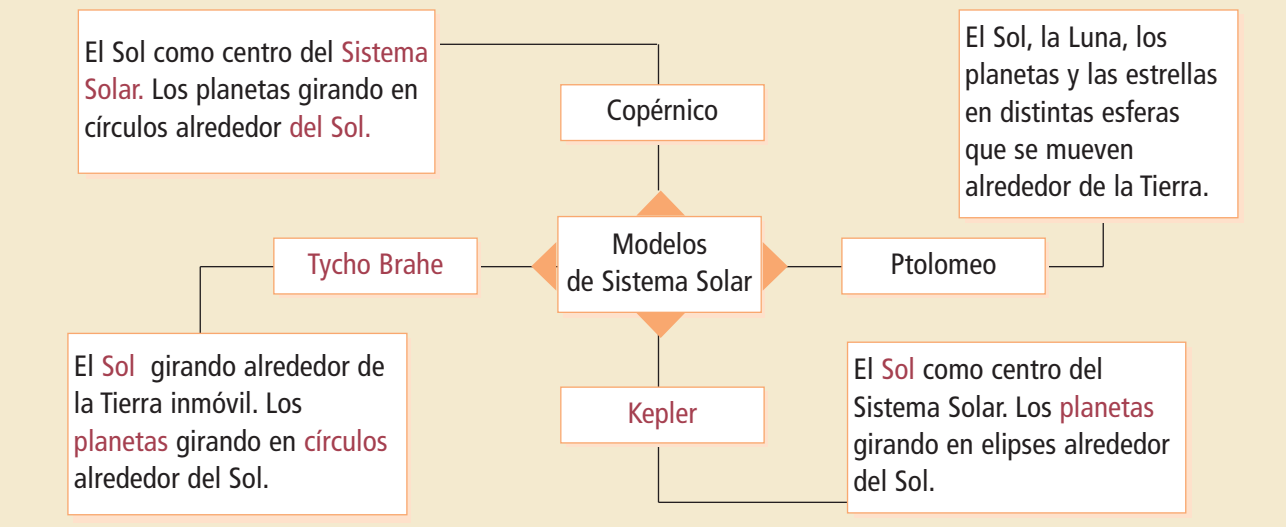
c. c = 2,59 millones de kilómetros.

d. El cometa Halley.

e. Mercurio.

Página 157 Síntesis

Esquema

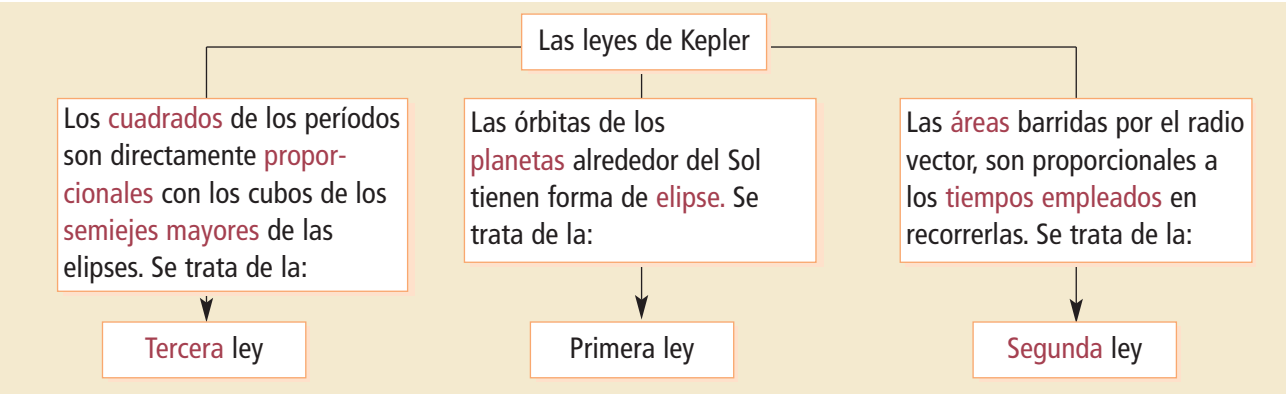

El Sol como centro del Sistema Solar. Los planetas girando en círculos alrededor del Sol.
Copérnico
El Sol, la Luna, los planetas y las estrellas en distintas esferas que se mueven alrededor de la Tierra.
Tycho Brahe
Modelos de Sistema Solar
Ptolomeo
El Sol girando alrededor de la Tierra inmóvil. Los planetas girando en círculos alrededor del Sol.
Kepler
El Sol como centro del Sistema Solar. Los planetas girando en elipses alrededor del Sol.

Página 157 Evaluación de proceso

1. La primera ley propone que las órbitas planetarias son elípticas.
2. Una mayor precisión en las medidas posibilita determinar con mayor exactitud la posición de los astros y hacer mejores predicciones respecto posiciones futuras.
3. Según el modelo de Copérnico los astros describían órbitas circulares alrededor del Sol, por lo que en su modelo no existen el afelio y perihelio.
4. Según los datos (c=1) y la excentricidad respectiva de cada órbita. El dibujo de la órbita Mercurio tiene una longitud de 4,85 cm en su semieje mayor y de 4,75 cm en su semieje menor. El dibujo de la órbita de la Tierra tiene una longitud de 58,82 cm en su semieje mayor y de 58,81 cm en su semieje menor (al dibujarla quedará una circunferencia).

Página 162 Síntesis

Esquema


Las leyes de Kepler
Los cuadrados de los períodos son directamente proporcionales con los cubos de los semiejes mayores de las elipses. Se trata de la:
Las órbitas de los planetas alrededor del Sol tienen forma de elipse. Se trata de la:
Las áreas barridas por el radio vector, son proporcionales a los tiempos empleados en recorrerlas. Se trata de la:
Tercera ley
Primera ley
Segunda ley

Página 162 Evaluación de proceso

1. **a.** X. **b.** Y. **c.** Y.
2. $59{,}4 \times 10^6$ s = 1,88 años terrestres.
3. a = $4{,}95 \times 10^8$ km = 3,3 UA. Se ubicaría entre Marte y Júpiter.

Página 172 Actividad 2

a. Con los satélites más similares en masa.

b. Ganimedes.

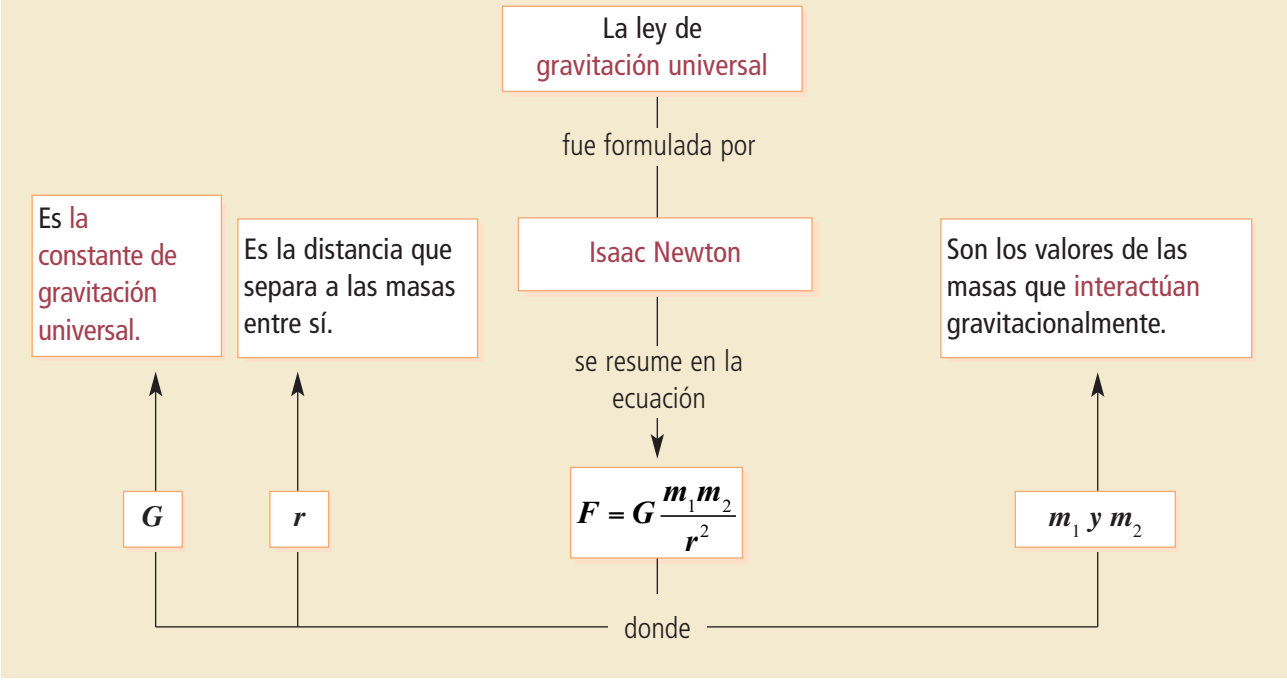
c. Júpiter, pues hay una mayor masa involucrada en la interacción.

d. En Ganimedes, pues tiene un tamaño similar a la Tierra y por lo mismo interactúa gravitacionalmente de manera similar al resto.

e. Que se puede relacionar su tamaño con su masa (a mayor tamaño, mayor masa).

Página 174 Síntesis

Esquema


La ley de gravitación universal
fue formulada por
Isaac Newton
se resume en la ecuación
$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$
donde
G
Es la constante de gravitación universal.
r
Es la distancia que separa a las masas entre sí.
m_1 y m_2
Son los valores de las masas que interactúan gravitacionalmente.

Página 174 Evaluación de proceso

1. La atracción gravitacional.

2. 3,7 m/s^2.

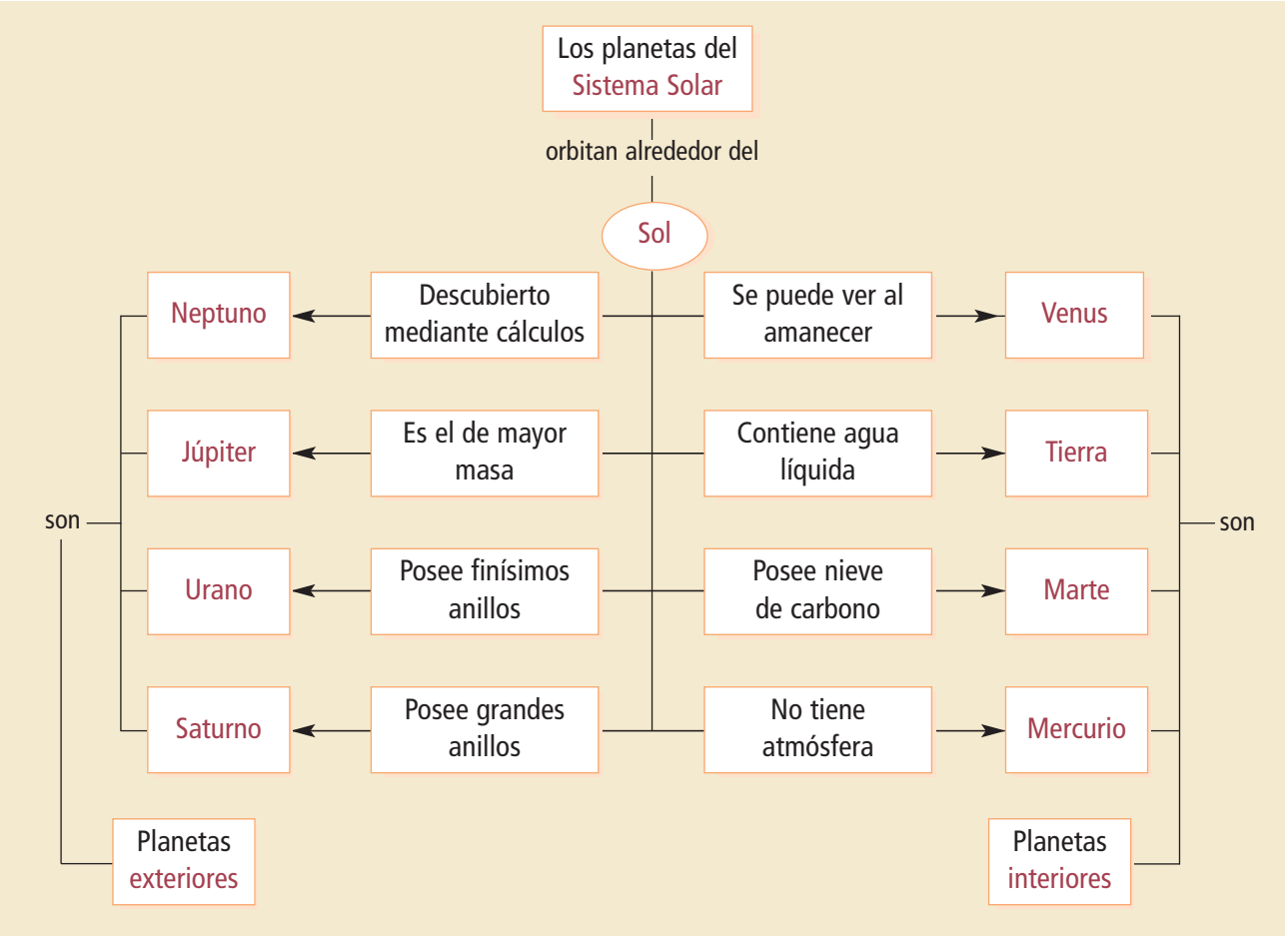
3. Debe ser lanzado desde la superficie de Marte con la suficiente velocidad inicial, de modo que el satélite entre en una órbita de circunnavegación.

4. A nebulosas, cúmulos estelares, quasares y galaxias.

5. Principalmente la fuerza de atracción gravitacional, existe evidencia que en el centro de la galaxia habría un agujero negro, este aportaría la fuerza gravitacional necesaria para mantener concentrada una mayor densidad de masa en el centro de la galaxia.

Página 183 Síntesis

Esquema



Página 185 Evaluación de proceso

1. **a.** Orbitar alrededor de una estrella.

   b. Tener suficiente masa para que su gravedad le dé una forma prácticamente esférica.

   c. Haber limpiado la vecindad de su órbita de objetos sólidos.

2. Mantener orbitando en torno del Sol a los planetas, planetas enanos, asteroides y cometas, así como en torno de los planetas a sus respectivas lunas.

3. Utilizando la expresión $k = \frac{T^2}{a^3}$ y remplazando los valores respectivos para Júpiter obtenemos que: $k = \frac{(11,86 \text{ años})^2}{(5,2 \text{ UA})^3} = 1 \text{ año}^2/\text{UA}^3$.

4. Mercurio, Marte, Urano, Venus, Saturno, Tierra, Neptuno, Júpiter. No coincide estrictamente con el orden ascendente en masas, debido a sus distintas densidades.

Página 186 Evaluación final

Comprendo

1. Las medidas obtenidas por las observaciones de Tycho Brahe.
2. B un cometa, A un planeta.
3. D.
4. A.
5. **a.** No.
   b. Sería atraída con el doble de fuerza.
   c. Sería atraída con menos fuerza y podría "escapar".
   d. Disminuiría.
6. D.

Página 187 Evaluación final

Analizo

1. El modelo heliocéntrico explicaba de forma satisfactoria una mayor cantidad de observaciones.
2. **a.** $k_{Tierra} = (1 \text{ año})^2 / (1 \text{ UA})^3 = 1\ año^2 / UA^3$ y $k_{Venus} = (0{,}61 \text{ año})^2 / (0{,}72 \text{ UA})^3 = 0{,}996\ año^2 / UA^3$
   b. Porque las órbitas son menos excéntricas. Se utilizan años y UA debido a que dichas unidades en términos de las distancias y magnitudes siderales son más manejables.
3. 17, 9 UA.
4. **a.** $F = G\frac{M_1 M_2}{r^2}$ **b.** F` = F/36.
5. C.

Página 188 Evaluación final

Aplico

1. **a.** Tercera ley.
   b. Se lee la información directamente en el eje respectivo.
   c. a = 9, 53 UA y T = 10^9 s.
   d. Una curva creciente.
2. **a.** La 1ª y 2ª ley de Kepler.
   b. Será mayor.
   c. En los tramos EF y FG.

- Alonso, Marcelo; Finn, E. J., *Física I, II, III,* Ed. Addison - Wesley Iberoamericana, Buenos Aires, 1995.
- Alvarenga, Beatriz; Máximo, Antonio, *Física general*, Ed. Oxford University, máxico, 1998.
- Halliday, D.; Resnick, R., *Física I y II*, Ed Continental, México, DF, 1995.
- Hewitt, Paul G., *Física conceptual*, Ed. Addison – Wesley – Longman, México, 1998.
- Sears, Zemansky; Young and Freedman, *Física Universitaria I y II*, Addison – Wesley Iberoamericana, Buenos Aires, 1998.
- Serway, Raymond, *Física I y II*, Ed. Mc Graw – Hill, México, 1997.
- Serway, R; Faughn, J, *Física para ciencias e ingeniería*, Ed. Thomson, México, 2006.
- Tippens, P. *Física, conceptos y aplicaciones*. 6ª edición. Ed. McGraw-Hill Interamericana, México, 2001.
- Tipler, P.A., *Física*, Ed. Revertè, Barcelona, 1996.

Nuestros agradecimientos a:

Walter Bussenuis Cortada
Magíster en Física, Universidad de Chile.
Docente de Física, Universidad de Talca.
Por sus aportes y revisión del texto.

Santillana

EDICIÓN ESPECIAL PARA EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN
PROHIBIDA SU COMERCIALIZACIÓN

AÑO 2011